

# ÖZE ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT

HERAUSGEGEBEN VOM VERBAND DER ELEKTRIZITÄTSWERKE ÖSTERREICHS  
ORGAN DES ÖSTERREICHISCHEN NATIONALKOMITEES DER WELTKRAFTKONFERENZ

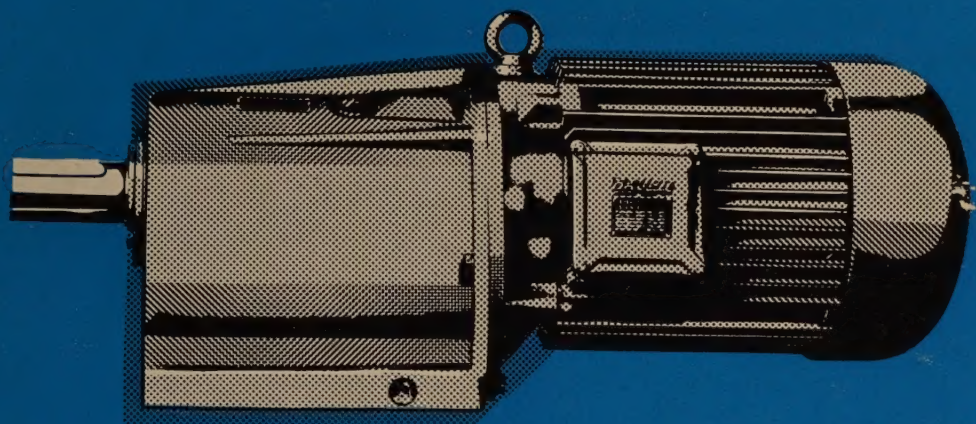
SCHRIFTLEITUNG: DR.-ING. KURT SELDEN, WIEN

SPRINGER-VERLAG IN WIEN

14. Jahrgang

November 1961

Heft 11, Seite 413—448



**BAUER**  
*Getriebe-Motoren*

Leistungen von 0,02 bis 30 PS

Drehzahlen von 0,25 bis 670 U/min

In allen Industriezweigen zu Hause

BAUER ELEKTRO-ANTRIEBE GESELLSCHAFT m.b.H., SALZBURG



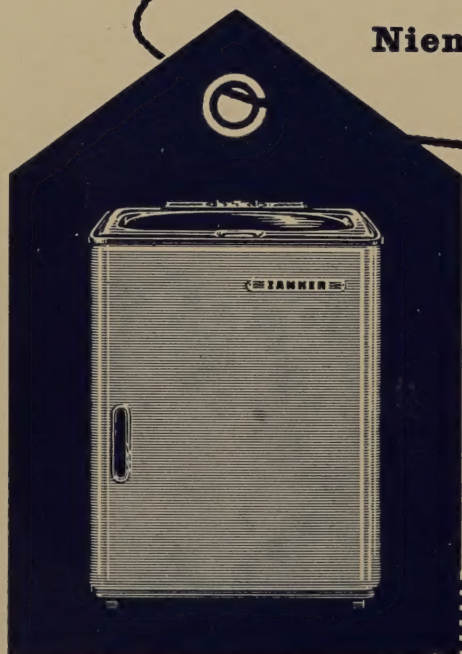


## Elektrogeräte verschönern die Festtage!

Besuchen Sie die Beratungsstelle der Wiener Stadtwerke-Elektrizitätswerke, VI, Mariahilferstraße 41, Telefon 57 64 61

Geöffnet: Montag — Freitag 8 — 18 Uhr  
Samstag 8 — 12 Uhr

**Niemand wollte es glauben!**



Eine so hochwertige Trommel-Vollwaschmaschine mit Waschtaktautomatik für S 6.250,—\* Tatsächlich, es ist die ZANKER-E-5! Das ist die neue Waschmaschine für jeden Haushalt! Denn die ZANKER-E-5 besitzt alle Funktionsteile von Geräten, die sonst wesentlich teurer sind! Waschtrommel, Waschbottich und Waschdeckel der ZANKER-E-5 bestehen sogar aus Edelstahl rostfrei

\* Unverbindl. Richtpreis S 6.250

**H. ZANKER KG. TÜBINGEN-W.**

**ZANKER**

**Zanker, Gen.-Vertr. ING. FERD. KRUNTORAD OHG.,**  
Wien IV, Schelleingasse 26, Telefon 65 06 95. FS. 01-2216  
Service: Wien XII, Hofmeistergasse 9, Telefon 65 06 95  
Salzburg, Lasserstraße 33, Telefon 72 4 53

Verkauf über den Fachhandel!

# Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft

Herausgegeben vom Verband der Elektrizitätswerke Österreichs  
Organ des Österreichischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz

Schriftleitung: Dr.-Ing. Kurt Selden, Wien  
Springer-Verlag/Wien

14. Jahrgang November 1961 Heft 11

## Inhaltsverzeichnis

### Originalarbeiten:

LESCHANZ, A.: Erfordernis von Maschinenableitern bei Blockgeneratoren. Mit 16 Textabbildungen . . .	413
FRI TSCH, J.: Die neue Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt in Salzburg. Mit 4 Textabbildungen .	420
GADZICKI, J., und R. HELLER: Über eine neue Hauseinführung. Mit 5 Textabbildungen . . . . .	423
STIMMER, H.: Die Störungen im geerdeten Teil des österreichischen 220-kV-Verbundnetzes in den Jahren 1958 bis 1960. Mit 2 Textabbildungen . . . . .	426
TIEFENTHALER, H.: Erfahrungsbericht über ein städtisches Maschennetz. Mit 6 Textabbildungen . . . .	431
SCHÖFFEL, F.: Erdungs- und Kurzschlußvorrichtungen für Hochspannungsleitungen und Schaltanlagen. Mit 7 Textabbildungen . . . . .	435
Mitteilungen aus aller Welt . . . . .	438
Energiewirtschaftliche Kurzberichte . . . . .	441
Mitteilungen des Bundeslastverteilers . . . . .	444
Buchbesprechungen . . . . .	446
Personalnachrichten . . . . .	448

## Firmenverzeichnis

zu den in diesem Heft enthaltenen Anzeigen

	Seite
<b>AEG-Austria</b> Wien IV, Schwarzenbergplatz 11 . . . . .	III
<b>Bauer Elektro-Antriebe Gesellschaft m. b. H.</b> Salzburg, Stabauergasse 5 . . . . .	Titelseite
<b>Brüder Assmann</b> Leibnitz, Steiermark . . . . .	IV
<b>Burde, R. Kurt &amp; Co.</b> Wien IV, Prinz-Eugen-Straße 70 . . . . .	VI
<b>Elektro-Starkstrom-Apparatebau</b> Kravaric & Co. Wien XXIII, Atzgersdorf, Breitenfurter Str. 274 .	XVI
<b>ELIN-UNION Aktiengesellschaft</b> für elektrische Industrie Wien I, Volksgartenstraße 3 . . . . .	XII
<b>„Elix“ Allgemeine Glühlampenfabriks-</b> Aktiengesellschaft Wien I, Doblhoffgasse 5 . . . . .	VI
<b>Frauenthal Porzellanfabrik Figer &amp; Co.</b> Wien XVII, Bergsteiggasse 36-38 . . . . .	IX
<b>Freissler Ing. A.</b> Maschinen- und Aufzüge-Fabrik Ges. m. b. H. Wien X, Erlachplatz 2-4 . . . . .	XVI
<b>Hannemann, Berlin-Frohnau</b> Düsseldorf-Holth Gen.-Vertr.: Dipl.-Ing. Dkfm. L. Edtmayer, Wien XVIII, Plenergasse 13 . . . . .	IX
<b>Haefely Emil &amp; Cie A. G., Basel/Schweiz</b> Generalvertretung für Österreich: Ing. Karl Wrba, Wien III, Weyrgasse 6 . . . .	VI
<b>Impregna, Holzimprägnierungsges. m. b. H.</b> Wien VII, Museumstraße 3 . . . . .	VIII
<b>Kabel- und Drahtwerke Aktiengesellschaft</b> Wien XII, Oswaldgasse 33 . . . . .	IV
<b>Kautzky Dipl.-Ing. Albert</b> Wien XIX, Straßergasse 28 Innsbruck, Haydnplatz 3 . . . . .	VIII



	Seite
<b>König Dr. &amp; Co.</b>	
Wien VII, Kaiserstraße 46 . . . . .	VI
<b>MAN Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg</b>	
Techn. Büro München, Bayerstraße 57	
Vertretung:	
Ing. J. Imführ	
Wien VII, Lerchenfelder Straße 143 . . . . .	VIII
<b>Minerva, Wissenschaftliche Buchhandlung</b>	
Gesellschaft m. b. H.	
Wien I, Mölkerbastei 5 — Schottenbastei 2 . . . . .	VIII
<b>Oesterreichische Brown Boveri-Werke A. G.</b>	
Wien I, Franz Josefs-Kai 47 . . . . .	XIII
<b>OKA Oberösterreichische Kraftwerke</b>	
Aktiengesellschaft	
Linz/Donau, Bahnhofstraße 6 . . . . .	VI, XVIII
<b>Österr. Armaturen-Gesellschaft m. b. H.</b>	
Wien XIX, Muthgasse 64 . . . . .	V
<b>Panhans Grand-Hotel</b>	
Semmering . . . . .	XVIII
<b>Philips Gesellschaft m. b. H.</b>	
Wien I, Schwarzenbergplatz 2 . . . . .	XVII
<b>Reimer &amp; Seidel, Elektrizitätszählerfabrik</b>	
Wien XVIII, Riglgasse 4 . . . . .	VII
<b>Schillings Gerd</b>	
Fabrik für Elektrizitätswerksbedarf	
Landshut/Bayern, Dieselstraße 10 . . . . .	VIII
<b>Siemens-Schuckertwerke Ges. m. b. H.</b>	
Wien I, Nibelungengasse 15 . . . . .	XIV
<b>Sprecher &amp; Schuh Gesellschaft m. b. H.</b>	
Linz/Donau, Frankstraße 51 . . . . .	XI
<b>Uher &amp; Co.</b>	
Wien XIX, Mooslackengasse 17 . . . . .	XV
<b>Unitherm,</b>	
Österreichische Gesellschaft f. universelle	
Wärmetechnik m. b. H.	
Wien XI, Nemelkagasse 9 . . . . .	IX
<b>Waagner-Biró Aktiengesellschaft</b>	
Wien V, Margaretenstraße 70 . . . . .	X
<b>Wiener Stadtwerke - Elektrizitätswerke</b>	
Wien IX, Mariannengasse 4 . . . . .	II
<b>Worthington Gesellschaft m. b. H.</b>	
Wien XIV, Gurkgasse 18-22 . . . . .	VII
<b>Zanker Hermann K. G., Tübingen</b>	
Generalvertretung:	
Ing. Ferdinand Kruntorad OHG	
Wien IV, Schelleingasse 26 . . . . .	II
<b>Zimmermann Richard G. m. b. H.</b>	
Wien I, Wollzeile 12 . . . . .	IV

## Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft

Für die Redaktion bestimmte Zuschriften und Manuskripte sind an die Schriftleitung, Wien IV, Brahmplatz 3, Besprechungsexemplare und Zeitschriften an Springer-Verlag, Wien I, Mölkerbastei 5, zu richten.

**Aufnahmebedingungen:** Die Manuskripte sollen in klarer Ausdrucksweise und unter Hingewlassung jedes überflüssigen Ballastes abgefaßt sein. An Abbildungen ist nur das sachlich Notwendige zu bringen. Die Vorlagen für Abbildungen sind auf besonderen Blättern erwünscht. Von Photographien werden Hochglanzkopien erbeten; Strichabbildungen können entweder in Reinzeichnung (Beschriftung nur in Bleistift ausführen) oder in klaren, verständlichen Handskizzen bestehen. Die Beschriftung und nötigenfalls die Reinzeichnung nimmt der Verlag vor.

Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung der zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihre Verwendung für fremdsprachige Ausgaben vor.

Den Verfassern von Originalbeiträgen und Berichten werden 50 Sonderabdrucke ihrer Arbeit kostenlos geliefert. Sie können weitere Sonderdrucke, und zwar bis zu 150 Exemplaren, gegen Berechnung beziehen.

**Bezugsbedingungen:** Der Bezugspreis der Zeitschrift beträgt jährlich DM 31.—, sfr. 31.70, Dollar 7.40, in Österreich S 184.—, zuzüglich Versandgebühren. Abonnements können bei jeder Buchhandlung des In- und Auslandes, für die Bundesrepublik Deutschland und Westberlin auch beim Springer-Verlag, Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3, aufgegeben werden. Abonnements, deren Abbestellung nicht spätestens 14 Tage vor Ablauf des Halbjahres erfolgt, gelten als erneuert. Einzelhefte können nur, soweit Vorrat vorhanden ist, abgegeben werden. Jährlich erscheinen 12 Hefte.

**Anzeigenaufträge** werden vom Verlag entgegengenommen. Anzeigen-Generalvertretung für die Bundesrepublik Deutschland und Westberlin: Springer-Verlag, Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3.

Springer-Verlag, Wien I, Mölkerbastei 5

Fernsprecher: 63 96 14 Δ

Telegrammadresse: Springerbuch



## Erfordernis von Maschinenableitern bei Blockgeneratoren

Von Dipl.-Ing., Dr. techn. A. LESCHANZ, Graz<sup>1)</sup>

Bericht aus der Versuchs- und Forschungsanstalt für Hochspannungstechnik der Technischen Hochschule in Graz,  
Vorstand Prof. Dr. techn. Günther OBERDORFER

Mit 16 Textabbildungen

DK 621.3.015.33 : 621.313.322

### I. Einleitung

In letzter Zeit wird den Untersuchungen der Übertragung von Stoßspannungen durch Maschinentransformatoren, vor allen in den USA, wieder erhöhte Beachtung geschenkt. Die Beweggründe hiezu sind in den USA andere als in Europa. Während es in Amerika allgemein üblich war, Schutzkondensatoren und Maschinenableiter auf der Niederspannungsseite und Überspannungsableiter auf der Hochspannungsseite der Maschinentransformatoren einzubauen, wurde bei uns auf den niederspannungsseitigen Generatorüberspannungsschutz verzichtet. Infolge der verbesserten Über-

stalten, sollten kritische Untersuchungen dieses Problems den Bedarf des Maschinenschutzes klären. Aus den veröffentlichten Ergebnissen dieser Untersuchungen<sup>3...7</sup> geht eindeutig hervor, daß für amerikanische Verhält-

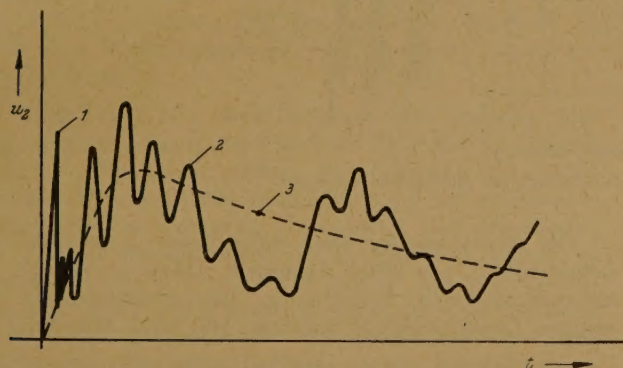


Abb. 1. Typischer Verlauf der übertragenen Stoßspannung an den offenen Unterspannungsklemmen eines Transformators

1 Elektrostatische Komponente  
2 Oszillierende Komponenten der Ober- und Unterspannungswicklung  
3 Elektromagnetische Komponente

spannungsableitercharakteristiken, des erhöhten Stoßpegels der Maschinenisolation und um die elektrischen Anlagen so einfach und verläßlich wie möglich zu ge-

<sup>1)</sup> Die Messungen kamen durch das Entgegenkommen von Dr. techn. K. EDWIN der Österr. Draukraftwerke A.G. zustande. Sie wurden in Zusammenarbeit mit Dr. techn. H. GSODAM der Elin-Union Weiz, Dipl.-Ing. W. MAYR vom Institut für elektrische Anlagen der T.H. Graz und Dipl.-Ing. F. PÖRNER der Österr. Draukraftwerke durchgeführt. Dipl.-Ing. R. GENSER und Dipl.-Ing. W. MAYR vom Institut für elektrische Anlagen danke ich für die Mitarbeit bei der Auswertung der Meßergebnisse und den Berechnungen, Dipl.-Ing. G. PREININGER der Elin-Union Weiz für manche Anregung.

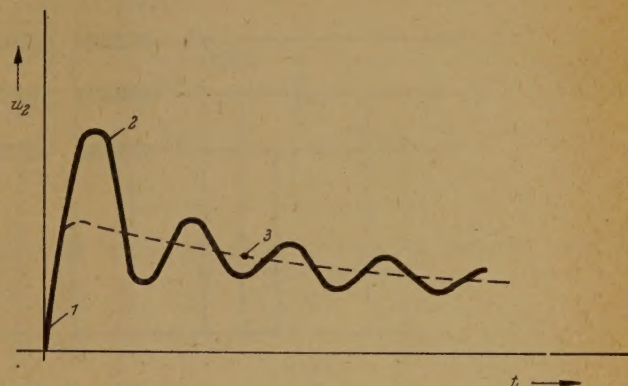


Abb. 2. Typischer Verlauf der übertragenen Stoßspannung an den Generatorklemmen einer Blockeinheit

1 Elektrostatische Komponente — unbedeutend  
2 Oszillierende Komponente der Überspannungswicklung  
3 Elektromagnetische Komponente

nisse kein zwingender Grund für den Einbau von Maschinenableitern und Schutzkondensatoren besteht. Durch eine in jüngster Zeit veröffentlichte deutsche Arbeit<sup>8</sup>, bei der bewiesen wird, daß für große Blockeinheiten Maschinenableiter nötig werden können, hat das Problem auch für unsere Verhältnisse akute Bedeutung bekommen.

Aus diesem Grund wurden im Sommer des heurigen Jahres praktische Messungen von übertragenen Stoßspannungen an einem Maschinentransformator ausgeführt. Im folgenden sollen diese Meßergebnisse rechnerischen Lösungen und Modellversuchen gegenübergestellt und abschließend die Ergebnisse im Hinblick auf die Notwendigkeit des Einbaues von Maschinenableitern ausgewertet werden.

### II. Allgemeines

Der durch das Auftreffen einer Wanderwelle in der Überspannungswicklung von Transformatoren angestoßene Ausgleichsvorgang wird auf die Überspannungswicklung teils elektrostatisch, teils elektromagne-



tisch übertragen<sup>5, 10, 11</sup>. Die an den Niederspannungsklemmen auftretende Spannung setzt sich aus vier Komponenten zusammen. Die Komponenten sind:

- Die elektrostatische,
- die oszillierende Komponente der Oberspannungswicklung, die eine entsprechende Schwingung in der Unterspannungswicklung induziert,
- die oszillierende Komponente der Unterspannungswicklung und
- die elektromagnetische Komponente.

Abbildung 1 zeigt den typischen Verlauf der übertragenen Stoßspannung an den offenen Unterspannungsklemmen eines Transformators, Abbildung 2 jenen an den Generatorklemmen einer Blockeinheit.

Die Größe und die Form der durch die elektrostatische Komponente übertragenen Spannung ist abhängig von der Stirnzeit der eingestoßenen Spannungswelle, der Art der Belastung an den Unterspannungsklemmen und der Kapazitätsverteilung innerhalb des Transformators. In Veröffentlichungen der letzten

Für den Rücken der Stoßwelle wirkt der Transformator in seiner eigentlichen Funktion. Es ist daher zu erwarten, daß die elektromagnetischen Komponenten von ausschlaggebender Bedeutung sind. Sie hängen vom Transformatorwindungsverhältnis, von der Kurzschlußreaktanz und der Art der unterspannungsseitig angeschlossenen Geräte und Maschinen ab. Nach Abklängen der elektrostatischen Komponente kann der Transformator durch eine Schaltung von Induktivitäten dargestellt werden, wobei die Wicklungsresistanz vernachlässigt wird. Dies führt zu einfachen Ersatzschaltbildern, die eine Berechnung der elektromagnetischen Komponenten ermöglichen. Abbildung 3 zeigt die Versuchsanordnung, für die die Ergebnisse in den folgenden Abschnitten gelten.

### III. Berechnung der elektromagnetischen Komponenten für Blockschaltung

Die Ersatzschaltbilder, die der Versuchsanordnung für die Blockeinheit gemäß Abbildung 3 entsprechen, zeigt Abbildung 4.

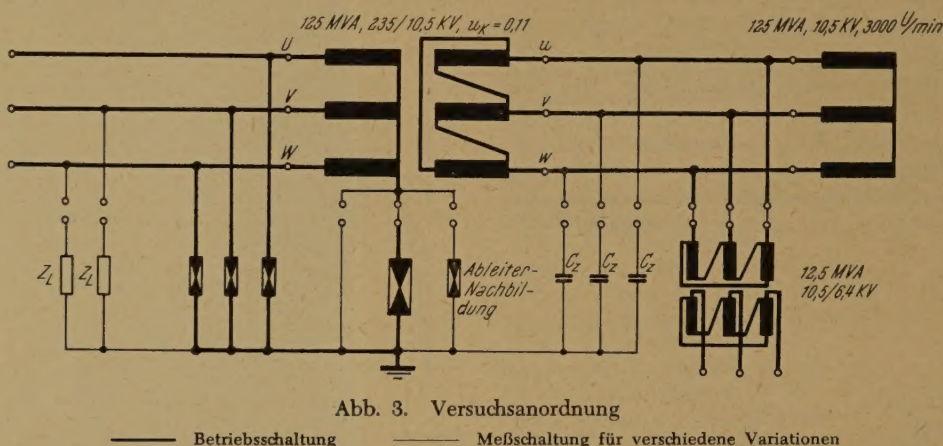


Abb. 3. Versuchsanordnung

— Betriebsschaltung — Meßschaltung für verschiedene Variationen

Zeit<sup>7, 12</sup> wurden Methoden angegeben, mit denen die Größe dieser Komponente errechnet werden kann. Aus diesen Arbeiten ist ersichtlich, daß schon eine Kapazität von wenigen pF oder der Wellenwiderstand des Gene-

Der Transformator wird durch seine Kurzschlußinduktivität  $L$  pro Phase dargestellt. Diese ist, auf die Sekundärspannung bezogen, in der unterspannungsseitigen Dreieckswicklung wirksam. Die ideal angenom-

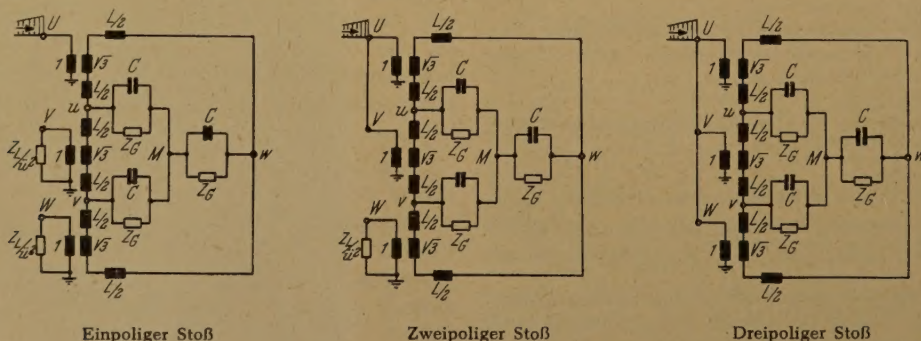


Abb. 4. Ersatzschaltbilder für die elektromagnetischen Komponenten bei Blockschaltung

rators genügt, um die elektrostatische Komponente im wesentlichen zu unterdrücken. Für die gegenständliche Blockeinheit kann die elektrostatische Komponente vernachlässigt werden, da die Kapazität der phasenweise gekapselten Sammelschiene schon 90 pF/m beträgt.

menen Übertrager berücksichtigen das Windungsverhältnis zwischen der Stern- und der Dreieckswicklung.

Die Freileitung, an die der Transformator überspannungsseitig angeschlossen ist, wird durch ihren Wellenwiderstand  $Z_L$  von ungefähr 400  $\Omega$  an den nicht ge-



stoßen Phasen dargestellt, wodurch die Reflexion der Spannungswelle unberücksichtigt bleiben kann.

Das Ersatzschaltbild gilt für direkt an den Oberspannungsklemmen des Transformators eingebaute Überspannungsableiter. Dabei kann angenommen werden, daß durch das Ansprechen der Ableiter eine in den Transformator einziehende Stoßwelle entsteht, die im Zeitverhältnis der Normwelle  $1/50 \mu s$  entspricht und in der Größe der Ableiterrestspannung  $U_r$ . Ist die Entfernung zwischen Einbauort der Ableiter und Transformator groß, ändert sich das Ersatzschaltbild<sup>4</sup>.

Der Generator wird durch eine Resistanz dargestellt, die dem Wellenwiderstand  $Z_G$  des Generators entspricht. Seine Größe von  $60 \Omega$  wurde aus dem Diagramm Abb. 3<sup>7</sup> entnommen. Genau müßte die Generatornachbildung durch eine Wanderwellenleitung erfolgen. In diesem Fall würde eine Reflexionswelle entgegengesetzter Polarität vom Sternpunkt der Maschine her nach der doppelten Laufzeit die einlaufende Spannungswelle reduzieren. Diese Laufzeit liegt bei großen Turbogeneratoren in der Größenordnung von  $25 \mu s$ <sup>4</sup>. Wenn man die Wirkung der Reflexion vernachlässigt, so ist zu erwarten, daß die gerechnete Durchtrittsspannung zu hohe Werte ergibt. Da die mathematische Behandlung des exakten Ersatzschaltbildes aufwendig wird, ist die Abweichung der Rechenwerte durch das angenäherte Ersatzschaltbild gegenüber den Meßergebnissen von Interesse.

Es werden drei verschiedene Berechnungsfälle durchgeführt. Sie haben das gleiche Ersatzschaltbild und unterscheiden sich nur in der Größe der Kapazität  $C$ , die dem Wellenwiderstand des Generators parallel geschaltet ist.

Bei Fall 1 wird unter Annahme einer linearen Spannungsverteilung in der Maschine die wirksame Kapazität  $C_G$  mit einem Drittel der gesamten Generatorkapazität in Rechnung gestellt<sup>2, 13</sup> und zur gemessenen Sammelschienenkapazität  $C_{SS}$  addiert. Um den Einfluß von Schutzkondensatoren  $C_Z$  zu erkennen, wurde im Fall 2  $C = C_G + C_{SS} + C_Z$  gesetzt. Bei den Berechnungsfällen 1 und 2 muß sich durch das Vorhandensein der  $LCZ_G$ -Kombination — vergleiche Abb. 4 — eine übertragene Spannung ergeben, die aus der elektromagnetischen Komponente und aus der gedämpften oszillierenden Komponente der Unterspannungsseite zusammengesetzt ist.

Bei Berechnungsfall 3 unterdrückt man die oszillierende Komponente der Unterspannungsseite, indem  $C = 0$  gesetzt wird. Es verbleibt damit nur die elektromagnetische Komponente. Diese liefert nach dem zugrundegelegten Ersatzschaltbild die kleinste errechenbare Amplitude für die übertragene Spannung.

Aus der Darstellung des einpoligen Stoßes nach Abbildung 4 erkennt man, daß die Punkte M und v aus Symmetriegründen auf Nullpotential bleiben müssen. Die Klemmen u und w nehmen aus demselben Grund gleich großes Potential, jedoch verschiedener Polarität an. Gleiche Überlegungen ergeben, daß beim zweipoligen Stoß u und M wieder auf Nullpotential bleiben, sowie v und w auf gleich großes Potential von entgegengesetzter Polarität kommen müssen. Die Größe der übertragenen Spannung kann beim zweipoligen

Stoß doppelt so groß wie beim einpoligen werden, wenn der Wellenwiderstand der Freileitungsnachbildung  $Z_L$  unendlich wird. (Vergleiche Abb. 5.) Dagegen werden die beiden Spannungen einander gleich, wenn  $Z_L = 0$  ist. Für den Fall der Nachbildung des Wellenwiderstandes der Freileitung durch eine Resistanz mit  $400 \Omega$  liegen die Größen der übertragenen Spannung für den ein- und zweipoligen Stoß sehr nahe beieinander. Die Frequenz der oszillierenden Komponente der Unterspannungsseite ist beim einpoligen Stoß etwa  $\sqrt{2}$ mal größer als beim zweipoligen. Für den dreipoligen Stoß gemäß Abb. 4 kann an den Unterspannungsklemmen keine Spannung auftreten, da die Unterspannungsseite durch die Dreieckswicklung kurzgeschlossen ist. Diese Symmetrieüberlegungen stimmen nur prinzipiell, da in Wirklichkeit stets kleine Unsymmetrien vorhanden sind.

Um Vergleiche anstellen zu können, wurde für alle drei Rechenfälle der einpolige Stoß bei starrer Sternpunktterdung des Haupttransformators für die Welle  $0/50 \mu s$  durchgerechnet. Abb. 5 zeigt das den Rechnungen zugrunde gelegte einphasige Ersatzschaltbild, das aus Abb. 4 abgeleitet wurde.

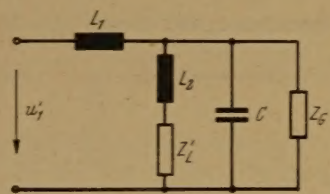


Abb. 5. Einphasiges Ersatzschaltbild für ein- und zweipoligen Stoß

$L = 0,3 \text{ mH}$ ,  $Z_L = 400 \Omega$ ,  $Z_G = 60 \Omega$ ,  $C_G = 0,1 \mu F$ ,  $C_{SS} = 4 \text{ nF}$ ,  
 $C_Z = 0,25 \mu F$   $\hat{U}_r = 805 \text{ kV}$ ,  $\alpha = 13,8 \cdot 10^3 (0/50 \mu s \text{ Welle})$ ,  $u_1 = \hat{U}_r e^{-\alpha t}$ ,  
 $\bar{u} = 22,4$

	Einpoliger Stoß	Zweipoliger Stoß
$L_1$	$\frac{L}{2}$	$L$
$L_2$	$L$	$\frac{L}{2}$
$Z_L'$	$\frac{3 Z_L}{\bar{u}^2}$	$\frac{3 Z_L}{2 \bar{u}^2}$
$u_1'$	$\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{u_1}{\bar{u}}$	$\frac{\sqrt{3}}{\bar{u}} u_1$
$C = C_G + C_{SS} + C_Z$		

Bei Anwendung der Regeln der Laplace-Transformation ergibt sich allgemein

$$u_2(p) = \frac{p L_2 + Z_L'}{1 + p^2 C L_2 + p \frac{L_2}{Z_G} + p C Z_L' + \frac{Z_L'}{Z_G}}$$

$$= u_1'(p) \cdot \frac{p L_2 + Z_L'}{p L_1 + \frac{p L_2 + Z_L'}{1 + p^2 C L_2 + p \frac{L_2}{Z_G} + p C Z_L' + \frac{Z_L'}{Z_G}}}$$



$$u_2(p) = \frac{\hat{U}_r'}{C L_1} \cdot \frac{p + \frac{Z_L'}{L_2}}{(p + \alpha) \left[ p^3 + p^2 \left( \frac{1}{C Z_G} + \frac{Z_L'}{L_2} \right) + p \left( \frac{Z_L'}{C L_2 Z_G} + \frac{1}{C L_1} + \frac{1}{C L_2} + \frac{Z_L'}{C L_1 L_2} \right) \right]}$$

für den Berechnungsfall 1 mit  $C = C_G + C_{SS}$  und den Berechnungsfall 2 mit  $C = C_G + C_{SS} + C_Z$  folgt daraus

$$u_2(p) = \frac{\hat{U}_r'}{C L_1} \cdot \frac{p + \delta}{(p + \alpha)(p + \beta)[(p + \gamma)^2 + \omega^2]}$$

$$u_2(t) = \frac{\hat{U}_r'}{C L_1} \left[ \frac{\beta - \delta}{(\beta - \alpha)[(\gamma - \beta)^2 + \omega^2]} e^{-\beta t} + \frac{\alpha - \delta}{(\alpha - \beta)[(\gamma - \beta)^2 + \omega^2]} e^{-\alpha t} + \sqrt{\frac{\omega^2 + (\delta - \gamma)^2}{\omega^2[\omega^2 + (\gamma - \beta)^2][\omega^2 + (\gamma - \alpha)^2]}} \cdot e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \Phi) \right],$$

$$\Phi = \cot \frac{\omega}{\delta - \gamma} - \cot \frac{\gamma - \beta}{\omega} + \cot \frac{\omega}{\gamma - \alpha}$$

Für den Berechnungsfall 3 mit  $C = 0$  ergibt sich

$$u_2(p) = \frac{\hat{U}_r' Z_G}{L_1} \cdot \frac{p + \frac{Z_L'}{L_2}}{(p + \alpha) \left[ p^2 + p \left( \frac{Z_L'}{L_2} + \frac{Z_G}{L_1} + \frac{Z_G}{L_2} \right) + \frac{Z_L' Z_G}{L_1 L_2} \right]}$$

$$u_2(p) = \frac{\hat{U}_r' Z_G}{L_1} \cdot \frac{p + \delta}{(p + \alpha)(p + \beta)(p + \gamma)}$$

$$u_2(t) = \frac{\hat{U}_r' Z_G}{L_1} \cdot \left[ \frac{\delta - \alpha}{(\gamma - \alpha)(\beta - \alpha)} e^{-\alpha t} + \frac{\delta - \beta}{(\alpha - \beta)(\gamma - \beta)} e^{-\beta t} + \frac{\delta - \gamma}{(\alpha - \gamma)(\beta - \gamma)} e^{-\gamma t} \right]$$

Die Lösungen der Gleichungen für die drei Berechnungsfälle sind in den Abbildungen 6 und 7 zum Vergleich mit Messungen am Block und an der Ersatzschaltung dargestellt.

#### IV. Messungen an der Ersatzschaltung

Um die über die angegebenen Gleichungen gewonnenen numerischen Ergebnisse kontrollieren zu können, wurde die der Rechnung zugrundegelegte einphasige Ersatzschaltung aufgebaut und repetierend mit einer Stoßwelle  $1/50 \mu s$  eingespeist. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 6 und 7 eingetragen. Über Versuche an genaueren Ersatzschaltungen wird in der amerikanischen Literatur berichtet<sup>3</sup>. So wurde die Generatornachbildung durch 18  $\pi$ -Glieder erreicht, die die an der Maschine gemessene elektrische Länge verwirklichten. Jedoch führte auch diese Anordnung zu keiner befriedigenden Übereinstimmung der am Block und am Analogmodell gemessenen übertragenen Spannungen. Die Ursache dafür wird in einem zeitveränderlichen Wellenwiderstand der Maschine, beziehungsweise in der Kopplung der Phasenwellen untereinander gesucht.

#### V. Vergleich der Ergebnisse von Messung und Rechnung

Die am Block aufgenommenen Meßoszillogramme, die den Berechnungsfällen zugeordnet sind, wurden in Abb. 6 und 7 eingetragen und geben die Basis für die Vergleiche.

Für die reine Blockanordnung,  $C = 0,104 \mu F$ , kann aus Abb. 6 entnommen werden:

Der Berechnungsfall 1 liefert sehr genaue Frequenzübereinstimmung. Seine Maximalamplitude wird ge-

Tabelle 1. Maximalamplitude der übertragenen Spannung in % der Eingangsstoßspannung  $1/50 \mu s$

Schaltung	Poligkeit des Stoßes	Sternpunktbehandlung des Haupttransformators								
		frei			starr geerdet			über Ableiternachbildung geerdet		
		u	v	w	u	v	w	u	v	w
HU .....	3	24,0	24,0	24,0	16,5	16,5	16,5			
	1	7,6	7,9	11,4	4,5	5,7	9,5			
HU + SS .....	1	5,0	5,8	9,7	4,5	5,2	7,9			
HU + SS + BU .....	1	3,7	4,5	7,9	4,5	4,7	7,5			
HU + SS + G .....	1	2,3	0,6	2,5	2,5	0,3	2,7			
HU + SS + G + BU .....	3	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0
	1	2,2	0,6	2,4	2,5	0,3	2,7	2,2	0,6	2,3
HU + SS + G + BU + C <sub>1</sub> .....	3	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8
	1	2,1	0,4	2,3	2,1	0,3	2,4	2,0	0,4	2,3
HU + SS + G + BU + C <sub>2</sub> .....	1	2,0	0,3	2,2	2,1	0,3	2,3			

HU = Haupttransformator, SS = Sammelschiene, BU = Eigenbedarfstransformator, G = Generator, C<sub>1</sub> = Zusatzkapazität  $0,1 \mu F$ , C<sub>2</sub> = Zusatzkapazität  $0,25 \mu F$ .



genüber der Messung um 27% zu groß. Die Übereinstimmung mit der an der Ersatzschaltung gemessenen Spannungskurve ist sehr gut.

Der Berechnungsfall 3 liefert in der Maximalamplitude einen um 10% zu geringen Wert.

Für die reine Blockschaltung, jedoch mit Schutzkondensator-nachbildung,  $C = 0,354 \mu\text{F}$ , kann aus Abb. 7 entnommen werden:

Der Berechnungsfall 2 liefert sehr genaue Frequenzübereinstimmung, in der Maximalamplitude einen um 50% zu großen Wert. Die Übereinstimmung mit der an der Ersatzschaltung gemessenen Spannungskurve ist sehr gut.

Der Berechnungsfall 3 liefert in der Maximalamplitude einen um 4% zu kleinen Wert.

Setzt man die normale Amplitude des Berechnungsfalles 1 und 2 auf die Maximalamplitude des Berechnungsfalles 3 herab, so ergibt die dadurch erhaltene Spannungskurve eine gute Übereinstimmung mit der gemessenen innerhalb der ersten interessierenden Halbwelle.

## VI. Messung

In der nachstehenden Tabelle sind die Meßergebnisse für die Maximalamplitude der übertragenen Spannungen in Prozenten der Eingangsstoßspannung  $1/50 \mu\text{s}$  zusammengestellt. Gearbeitet wurde mit einem Repeitionsstoßgenerator und einem Kathodenstrahloszillographen mit geeigneter photographischer Ausrüstung. Die Spannungshöhe der Eingangsstoßwelle betrug in allen Fällen 600 V. Die Versuchsschaltung zeigt Abb. 3.

In Abb. 8 ist für den einpoligen Stoß bei starrer Sternpunkt-erdung des Haupttransformators eine Gegenüberstellung zweier Oszillogramme vorgenommen. Diese wurden an der Schaltung Haupttransformator, Sammelschiene, Generator und Eigenbedarfs-transformator, beziehungsweise Haupttransformator, Sammelschiene und Generator aufgenommen. Der Vergleich zeigt, daß der Eigenbedarfstransformator praktisch ohne Einfluß auf die übertragene Spannung bei Blockschaltung ist. Zum selben Schluß gelangt man aus der Berechnung, da für diese die Kapazität des Eigenbedarfstransformators zum Tragen kommt und für den konkreten Fall in der Größe von  $3,5 \text{ nF}$  gegenüber der wirksamen Kapazität des Generators von  $100 \text{ nF}$  sehr klein ist.

Aus der Tabelle 1 der Meßergebnisse ist zu erkennen, daß die Blockschaltung mit oder ohne Eigenbedarfs-

transformator bei einpoligem Stoß und starrer Sternpunktserdung die größte übertragene Spannung ergibt. Deshalb ist auch die vorangegangene Rechnung auf diese Anordnung bezogen.

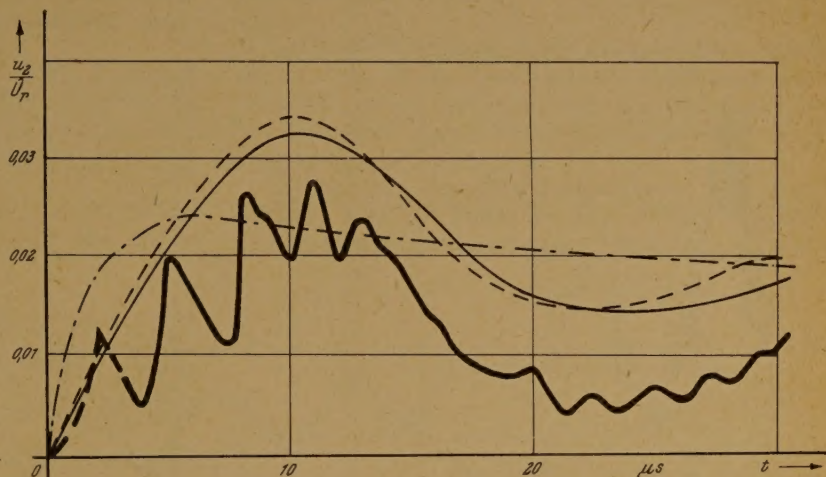


Abb. 6. Vergleich der Berechnungsfälle 1 ( $C = C_G + C_{SS}$ ) und 3 ( $C = 0$ ) mit der Messung am Block und an der Ersatzschaltung nach Abb. 5

— Messung am Block  
— Messung an der Ersatzschaltung  
- - - - - Berechnungsfall 1,  $C = 0,104 \mu\text{F}$   
- - - - - Berechnungsfall 3,  $C = 0$

Die Betriebsführung des Blockes mit einem Überspannungsleiter im Sternpunkt des Haupttransformators ist auch von Interesse. Abb. 9 zeigt die Stoßwelle auf der eingestoßenen Überspannungsseite. Abb. 10 veranschaulicht eine Sternpunkt-schwingung bei freiem Sternpunkt beziehungsweise eine Sternpunkt-schwingung beim Ansprechen der Sternpunktsableiter-

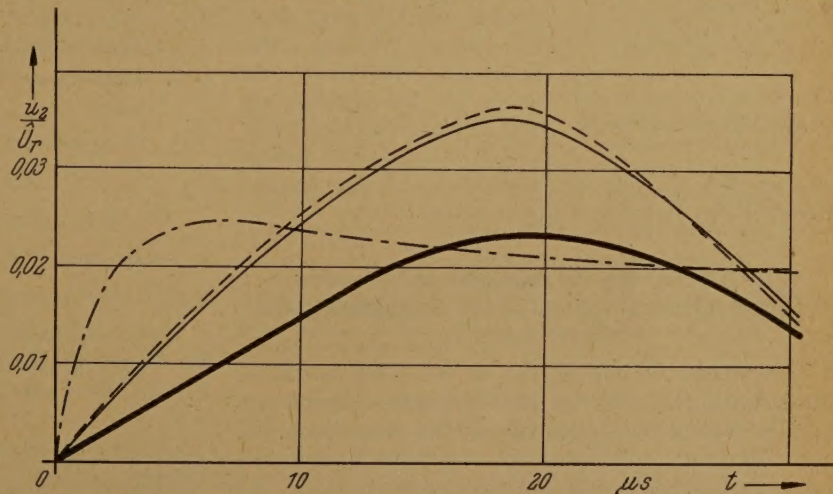


Abb. 7. Vergleich der Berechnungsfälle 2 ( $C = C_G + C_{SS} + C_Z$ ) und 3 ( $C = 0$ ) mit der Messung am Block und an der Ersatzschaltung nach Abb. 5

— Messung am Block  
— Messung an der Ersatzschaltung  
- - - - - Berechnungsfall 2,  $C = 0,354 \mu\text{F}$   
- - - - - Berechnungsfall 3,  $C = 0$

nachbildung. Die Nachbildung erfolgte durch einen Gasentladungsableiter. Die Abb. 11...13 geben die Gegenüberstellung der übertragenen Spannung bei einer Betriebsführung mit Sternpunktsableiter beziehungsweise mit starrer Erdung für alle drei Phasen wieder. Man erkennt in den jeweils links stehenden Bildern deutlich den übertragenen Ansprechvorgang der



Sternpunktsableiternachbildung (siehe Pfeil). Dabei treten elektrostatisch übertragene Spannungsspitzen, in allen Phasen in gleicher Polarität, mit der Größe von 1%

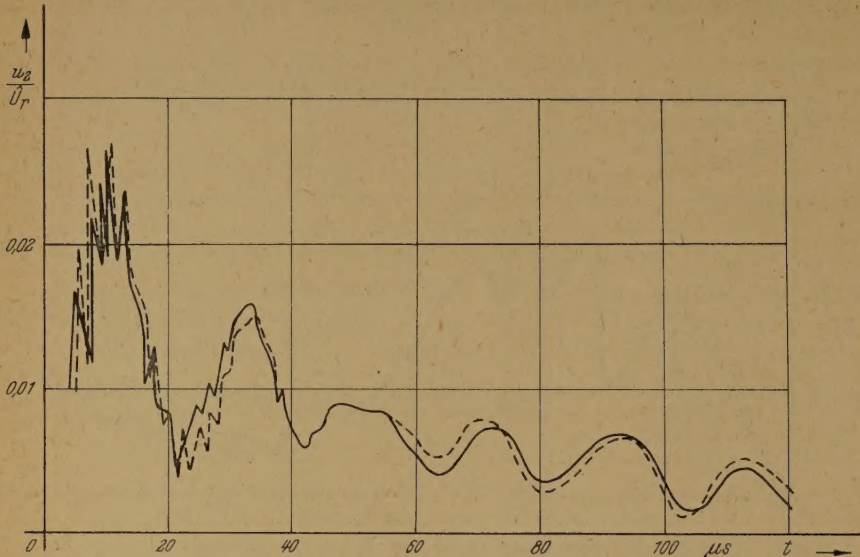


Abb. 8. Vergleich der übertragenen Spannungen zwischen Block ohne und mit Eigenbedarfstransformator

— Haupttransformator + Sammelschiene + Generator + Eigenbedarfstransformator  
 - - - - - Haupttransformator + Sammelschiene + Generator

der Referenzspannung auf und überlagern sich den elektromagnetischen Komponenten. Wird eine Zusatzkapazität von 0,1 µF als Schutzkondensatornachbildung dazugeschaltet, werden die elektrostatisch übertragenen Spannungsspitzen unterdrückt. Abb. 14 zeigt deutlich diese Wirkung. Die maximale Amplitude ist selbst bei Berücksichtigung der überlagerten elektrostatischen Komponente jedoch

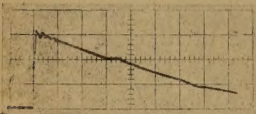


Abb. 9. Referenzstoßwelle auf der Oberspannungsseite

nicht so groß wie jene des schon besprochenen ungünstigsten Falles bei starrer Sternpunktserdung.

### VII. Berechnung der maximal auftretenden Generatorklemmenspannung zur Bestimmung der Maschinenableiter

Die gesamte Spannung, die an den Generatorklemmen auftritt, setzt sich aus der übertragenen Spannung und der Betriebsspannung von 50 Hz zusammen. Sie



Abb. 10. Sternpunktsschwingung ohne und mit Ansprechen der Sternpunktsableiternachbildung

hängt ab von der Momentangröße der 50 Hz-Wechselspannung, auf die sich die übertragene Spannung im Zeitpunkt des Ansprechens der hochspannungsseitigen Überspannungsableiter aufsetzt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Wechselspannungen auf der Ober- und Unterspannungsseite je nach Schaltungsart des Transformators eine bestimmte Phasenverschiebung aufweisen. Die Optimierung dieser Überlagerung ist in verschiedenen Aufsätzen<sup>5, 8</sup> behandelt.

Für die gesamte an den Generatorklemmen Phase gegen Erde auftretende Spannung gilt

$$\hat{U}_{PE} = \hat{U}_2 + m \hat{U}.$$

Durch die Addition der in Opposition stehenden Phasenspannungen (vergl. Abb. 11 bis 13) gilt für die maximale Gesamtspannung zwischen zwei Generatorphasen

$$\hat{U}_{PP} = 2 (\hat{U}_2 + n \hat{U}).$$

Abb. 15 gibt die Faktoren m und n als Funktion des Übertragungsfaktors p an, wobei

$$p = \frac{\hat{U}_2 \ddot{u}}{\hat{U}_r}$$

ist.

Es bedeutet:

- $\hat{U}_{PE}$  Maximalwert der gesamten Spannung einer Generatorphase gegen Erde,
- $\hat{U}_{PP}$  Maximalwert der gesamten Spannung zwischen zwei Generatorphasen,
- $U_2$  Maximalwert der elektromagnetisch übertragenen Phasenspannung,
- $\hat{U}$  Maximalwert der 50 Hz-Generatorphasenspannung,
- $\hat{U}_r$  Maximalwert der Ableiterrestspannung,
- $\ddot{u}$  Übersetzungsverhältnis.

Für den untersuchten Block errechnet sich daraus  $p = 0,6$ , und mit  $m \approx n = 0,57$  ergibt sich  $\hat{U}_{PE} = 26,6 \text{ kV}$ ,  $\hat{U}_{PP} = 53,2 \text{ kV}$ .

Die Amplitudensteilheit der übertragenen Spannung für Phase gegen Erde ergibt sich aus Abb. 6 mit  $2 \text{ kV}/\mu\text{s}$ , für Phase gegen Phase mit  $4 \text{ kV}/\mu\text{s}$ .



Abb. 11. Übertragene Spannung an der Generatorklemme u für den Betrieb mit Sternpunktsableiter bzw. starrer Erdung

Für eine kontinuierliche Isolation der Ständerwicklung ist nach<sup>4</sup> für eine Generatornennspannung von 10,5 kV ein Stoßpegel von 40 kV gegen Erde vorhanden, wobei die Steilheit der übertragenen Spannung für zwei Windungen pro Spule  $19 \text{ kV}/\mu\text{s}$ , für vier



gleich 9 kV/μs und für mehr als fünf gleich oder kleiner als 4 kV/μs betragen kann. Für kontinuierliche Isolation — dies entspricht vor allem der amerikanischen Praxis — ergeben die ermittelten Werte der übertragenen Spannung nicht die Notwendigkeit, Maschinenableiter einzubauen, da auch der übertragenen Span-



Abb. 12. Übertragene Spannung an der Generatorklemme v für den Betrieb mit Sternpunktsableiter bzw. starrer Erdung

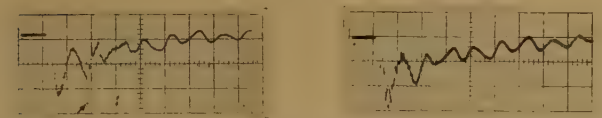


Abb. 13. Übertragene Spannung an der Generatorklemme w für den Betrieb mit Sternpunktsableiter bzw. starrer Erdung

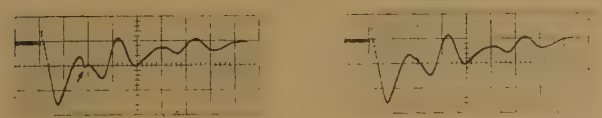


Abb. 14. Übertragene Spannung an der Generatorklemme w für den Betrieb mit Sternpunktsableiter bzw. starrer Erdung, jedoch bei Vorhandensein von Schutzkondensatoren ( $C_z = 0,1 \mu F$ )

nung zwischen den Phasen stets etwa die doppelte Isolation gegenübersteht.

Für die diskontinuierliche Isolation der Ständerwicklung — vorwiegend europäische Praxis — kann der

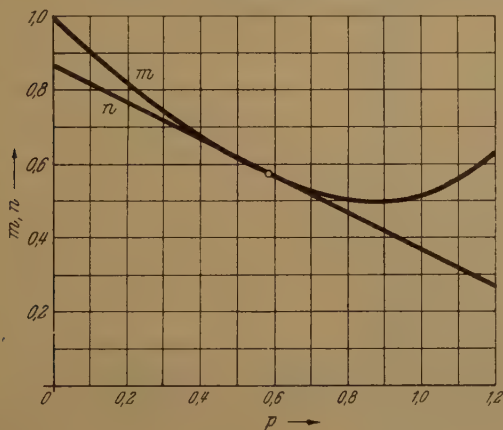


Abb. 15. Faktoren m und n für die Überlagerung der übertragenen Stoßspannung mit der Betriebsspannung an Blocktransformatoren für die Schaltgruppe Yd5 abhängig vom Übertragungsfaktor p \*

Einbau von Maschinenableitern nur beim Vorliegen nachfolgender Angaben über die Isolationsfestigkeit sicher verneint werden:

Vorhandensein eines Stoßpegels von 60 kV zwischen den Phasen und von 30 kV Phase gegen Erde, bezogen auf 10 μs Stirnzeit

oder

Vorhandensein einer Gleichspannungsisolationsfestigkeit von 50 kV für Phase gegen Phase und 25 kV Phase gegen Erde entsprechend der Prüfgepflogenheit amerikanischer Firmen

oder

bewiesene Gültigkeit eines analogen Diagrammes, wie in Abb. 16 für kontinuierliche Wicklungsisolation dargestellt, jedoch außerdem für eine Isolationsfestigkeit von Phase gegen Phase für die jeweilige Spannungs-kategorie der Generatoren.

Werden auf der Oberspannungsseite des Transformators statt den bisher üblichen Ableitern Ventilableiter mit magnetischer Löschung<sup>18</sup> eingebaut, so ergibt

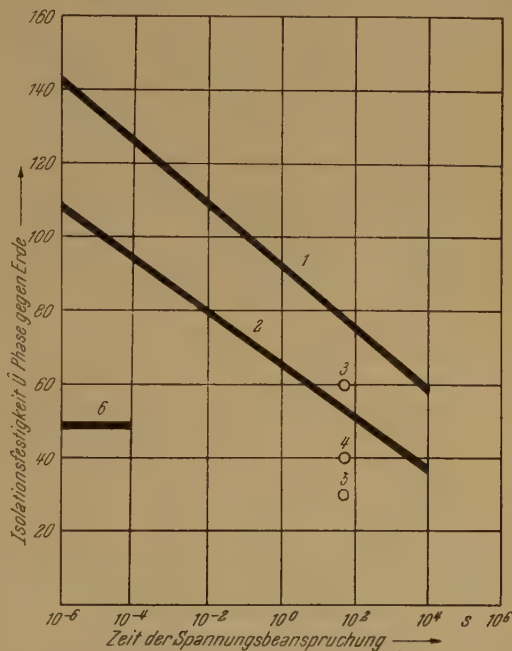


Abb. 16. Isolationsfestigkeit in Abhängigkeit der Beanspruchungsdauer für einen 13,8 kV Turbogenerator mit kontinuierlicher Wicklungsisolation<sup>18</sup>

- 1 Isolationsfestigkeit, bei der 50% der untersuchten Spulen durchschlagen wurden
- 2 Untere statistische Isolationsfestigkeit, bei der 99,7% der Spulen nicht durchschlagen wurden
- 3 Gleichspannungswicklungsprüfung amerikanischer Firmen
- 4 Wechselspannungswicklungsprüfung nach ASA
- 5 Wechselspannungswicklungsprüfung nach VDE für diskontinuierliche Wicklungsisolation
- 6 Gewünschter Stoßpegel für Stirnzeit 10 μs amerikanischer Versorgungs-Unternehmungen

sich dadurch neben der Möglichkeit des Einsatzes von Transformatoren mit verringerter Isolation auch ein bedeutender Einfluß auf die übertragene Stoßspannung. Die Ableiterrestspannung bei 5 kA Ableitstoßstrom betrug für die Ableiter der untersuchten Blockeinheit 805 kV, für Ableiter mit magnetischer Löschung ebenfalls bei 5 kA Ableitstoßstrom und gleicher Reihenspannung wird sie mit 635 kV angegeben<sup>18</sup>. Errechnet man mit dieser Ableiterrestspannung die übertragene Stoßspannung, so ergibt sich für

Ventilableiter herkömmlicher Bauart:

$$\hat{U}_{PE} = 26,6 \text{ kV}, \hat{U}_{PP} = 53,2 \text{ kV},$$

Ventilableiter mit magnetischer Löschung:

$$\hat{U}_{PE} = 21,9 \text{ kV}, U_{PP} = 43,8 \text{ kV}.$$



Die Erniedrigung der Ableiterrestspannung um 21% bringt eine Verkleinerung der übertragenen Stoßspannung um 18%.

Wenn auf der Hochspannungsseite des Transformators Ventilableiter mit magnetischer Löschung zum Einsatz kommen, könnten die Daten für die diskontinuierliche Ständerwicklungsisolations, die den Einbau von Maschinenableitern verneinen lassen, den neuen niedrigeren Werten der übertragenen Stoßspannung angepaßt werden.

## VIII. Zusammenfassung

An Hand praktischer Messungen an einer Blockeinheit mit Eigenbedarfstransformator wurde das Problem der übertragenen Stoßspannung untersucht. Nach Darlegung der physikalischen Vorgänge wurde die elektrostatische Komponente für die weiteren Untersuchungen vernachlässigt und die Berechnung nur für die elektromagnetischen Komponenten der übertragenen Stoßspannung für den kritischsten Fall einpoliger Stoß  $\approx$  zweipoliger Stoß bei starrer Sternpunktserdung durchgeführt. Die durch Modellversuche kontrollierten Ergebnisse der zwei verschiedenen, der Rechnung zugrunde gelegten vereinfachten Ersatzschaltbilder zeigten im Vergleich mit den praktischen Meßergebnissen, daß mit dem einen große Frequenz-, mit dem anderen gute Amplitudenübereinstimmung erreichbar ist. Die Kombination beider Rechenergebnisse lieferte für die übertragene elektromagnetische Komponente für die interessierende erste Halbwelle gute Übereinstimmung mit dem Meßergebnis. Eine Gegenüberstellung reine Blockeinheit zu Blockeinheit mit Eigenbedarfstransformator ergab, daß der Eigenbedarfstransformator auf die übertragene Stoßspannung keinen Einfluß hat. Daß die Betriebsführung des Blockes mit Sternpunktstableiter keine Vergrößerung der übertragenen Spannung gegenüber der starren Sternpunktserdung bringt, wurde an einer Vergleichsserie von Oszillogrammen gezeigt. Auf Grund der Meß- bzw. der Rechenergebnisse konnte die Notwendigkeit von Maschinenableitern für kontinuierliche Maschinenisolation verneint, für die diskontinuierliche Maschinenisolation kann sie erst nach Vorliegen entsprechender Isolationsdaten beantwortet werden.

## Literaturverzeichnis

<sup>1</sup> HAGENGUTH, J. H.: Lightning protection of generator-transformer units. *Electrical World* 1936, S. 327—330.

<sup>2</sup> WILLHEIM, R.: Die Gewitterfestigkeit des Drehstromtransformators. *E u. M.*, Jg. 50 (1932), S. 16—21.

<sup>3</sup> HAYWARD, A. P., DILLARD, J. K. und HILEMAN, A. R.: Lightning protection of unit connected turbine generators-field and laboratory studies. *Trans. A. I. E. E.* III, Bd. 75 (1952), S. 1 370—1 381.

<sup>4</sup> DILLARD, J. K. und HILEMAN, A. R.: Lightning protective requirements of generators connected to the system through Y-grounded-delta transformers. *Trans. A. I. E. E.* III Bd. 77 (1958), S. 1 426—1 434.

<sup>5</sup> HILEMAN, A. R.: Surge transfer through 3-phase transformers. *Trans. A. I. E. E.* III Bd. 77 (1958), S. 1 543—1 554.

<sup>6</sup> ABETTI, P. A.: Survey and classification of published data on the surge performance of transformers and rotating machines. *Trans. A. I. E. E.* III Bd. 77 (1958), S. 1 403—1 426.

<sup>7</sup> CHANG, K. H. und THOMSON, T. B.: Surge protection of unit-connected generators. *Trans. A. I. E. E.* III-B, Bd. 78 (1959), S. 1 580—1 590.

<sup>8</sup> HENRICI, P.: Stoßbeanspruchung von Generatoren in Blockschtaltung. *Elektrizitätswirtschaft* Jg. 60 (1961), H. 8, S. 258—263.

<sup>9</sup> ROBINSON, B. C.: The penetration of surge voltages through a transformer coupled to an alternator. *Proc. Instn. electr. Eng. A*, Bd. 103 (1956), S. 341—354.

<sup>10</sup> HAGENGUTH, J. H. und PALUEFF, K. K.: Effect of transient voltages on power transformer design. *Trans. A. I. E. E.* Bd. 51 (1932), S. 601—620.

<sup>11</sup> ELSNER, R.: Zur Frage der Übertragung von Stoßspannungen auf die Unterspannungsseite von Drehstromtransformatoren. *Wiss. Veröff. aus den Siemens-Werken*, Bd. 16 (1937), S. 1—24.

<sup>12</sup> BENNON, S. und COSSART, R. J.: Control of electrostatic voltage distribution in power transformer design. *Trans. A. I. E. E.* III Bd. 74 (1955), S. 1 122—1 126.

<sup>13</sup> PREININGER, G.: Die Übertragung von Stoßspannungen in Transformatoren. *Firmenstudie der Elin-Union*, Weiz.

<sup>14</sup> WITZKE, R. L. und BLISS, T. J.: Co-ordination of lightning arrester location with transformer insulation level. *Trans. A. I. E. E.* II, Bd. 69 (1950), S. 964—975.

<sup>15</sup> GREVE, A. W.: Ventilableiter für den Überspannungsschutz von Generatoren. *ASEA Zeitschrift* Jg. 2 (1957), H. 1, S. 23—27.

<sup>16</sup> MOSES, G. L. und ALKE, R. J.: Studies of impulse strength and impulse testing problems on high-voltage generators. *Trans. A. I. E. E.* III, Bd. 72 (1953), S. 123—131.

<sup>17</sup> HOLBROOK, J. G.: Laplace transforms for electronic engineers. London, Pergamon Press 1959.

<sup>18</sup> GREVE, ARENT W.: Aktuelle Probleme im Zusammenhang mit dem Überspannungsschutz bei hohen Betriebsspannungen. *ETZ-A* Bd. 82 (1961), H. 4, S. 103—106.

## Die neue Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt in Salzburg

Von Dr. J. FRITSCH, Wien

Mit 4 Textabbildungen

DK 061.6

Der große Wert einer einheitlichen Forschung wird in vielen Staaten nicht in der Weise anerkannt, die ihrer technischen und wirtschaftlichen Bedeutung entspricht. Die Organisation für Europäische Zusammenarbeit bringt eine sehr instruktive Zusammenstellung über den Aufwand für Forschungsarbeiten in einzelnen europäischen Staaten. Demnach betragen die jährlichen Ausgaben für Forschungen — umgerechnet in öS —

in Holland . . . .	rd. S 22,5 je Einwohner,
in Belgien . . . .	rd. S 28,5 je Einwohner,
in Norwegen . . . .	rd. S 27,0 je Einwohner,
in Österreich . . . .	rd. S 1,95 je Einwohner.

Österreich hat somit mit großem Abstand die niedrigste Quote für Forschungsarbeiten, obwohl es für verschiedene Industriegebiete eigene Institute besitzt. Eine volle



Entfaltung der Forschung ist jedoch so lange nicht möglich, als ihre große wirtschaftliche Bedeutung nicht erkannt und von öffentlicher Hand weitestgehend unterstützt wird.

Entscheidend kann eine zielstrebige zusammengefaßte Forschung vor allem auf dem Gebiete des *Bauwesens* werden. Ein hervorragendes Beispiel hierfür liefert das Bureau of Reclamation, in dessen Zentrale alle Erfahrungen und Forschungen zusammenlaufen, um zu neuen Entwicklungen und Erfolgen verwertet zu werden, während selbst die größeren Baustellen des Bureaus mit behelfsmäßige Prüfstellen haben. Dazu kommt, daß man trachtet, sowohl auf Seite der Bauunternehmer als auch der Bauherrschaften Teams und Baustellenerfahrungen soweit als möglich zusammenzuhalten.

In einem bis heute noch nicht überbrückten Gegensatz dazu kommt es in Österreich vor, daß man nach Beendigung einer schwierigen Bauarbeit die mit hohen Kosten gesammelten Erfahrungen mit den Ingenieuren abwandern oder in Akten verstauben läßt, um sie dann an einer neuen Baustelle mit viel Zeitaufwand und Lehrgeld von neuem zu erarbeiten. Gerade im Bauwesen wird nur allzuleicht übersehen, daß durch Zusammenfassung aller Erfahrungen und Forschungen an einer Stelle der Stand der Technik viel weitblickender erfaßt und Fortschritte aufgezeigt werden können, die selbst der tüchtigste Ingenieur auf der Baustelle allein niemals erreicht.

Bei dieser Sachlage waren die Sondergesellschaften des Verbundkonzerns in den Nachkriegsjahren darauf angewiesen, auf dem Fachgebiet des *Betonbaues* selbst die erforderlichen Forschungsarbeiten in die Wege zu leiten, um den in den Kriegsjahren vernachlässigten Stand der Technik wieder zu erreichen und durch eigene Versuche den Verhältnissen unserer Baustellen anzupassen.

So wurde von der Tauernkraftwerke A.G. schon vor Errichtung der Kapruner Talsperren eine eigene Materialprüfstelle geschaffen, da über Bau dieser Sperren die Gesellschaft vor große und schwierige Aufgaben stellte. Handelte es sich doch um ein Vorhaben, das im Hinblick auf seine Größe und Bedeutung in Österreich noch kein Vorbild besaß. Es war daher notwendig, besonderes Augenmerk auf die Entwicklung

der Betonmischungen zu legen, zumal sowohl das Naturvorkommen an Sand und Kies als auch die verschiedensten Anlaufschwierigkeiten des Baubetriebes die größten Anforderungen an die Betontechnik stellten.

Als wenige Jahre später dem Bau der Limbergssperre die Errichtung der Oberstufen von Kaprun folgte,



Abb. 1. Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt Salzburg

wurden auch für das ursprünglich in Baracken untergebrachte erste Betonlaboratorium neue Gebäude in Kaprun errichtet. Die Anstalt wurde erweitert, u. zw. sowohl hinsichtlich ihrer Ausstattung mit modernen



Abb. 2. Chemisches Laboratorium

Maschinen als auch durch Fachpersonal, so daß sie bald zu den führenden Instituten ihrer Art zählte und in der Lage war, den Stand unserer Betontechnik maßgebend zu fördern und neue Arbeitsweisen zu entwickeln.

Nach Beendigung der Großbaustellen hatte die An-



stalt ihre Aufgabe im Raume von Kaprun erfüllt. Man übertrug die Leitung einem Kuratorium und machte sie zunächst allen Gesellschaften und Baustellen des Verbundkonzerns zugänglich. Ferner erhielt sie die staat-

Die Anstalt wird von staatlichen und privaten Auftraggebern für Materialprüfungen verschiedenster Art ebenso wie für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten immer mehr in Anspruch genommen. Dabei wurde ihre versteckte Lage im Tal von Kaprun als Nachteil empfunden und von vielen Seiten ihre Erweiterung gefordert. Der Wunsch nach Verlegung von Kaprun nach Salzburg geht auf eine Anregung des Vereines der Ingenieure und Architekten in Salzburg zurück. Begründet wurde dieses Ansuchen mit der Tatsache, daß die Salzburger Landes- und Stadtbehörden das Fehlen einer solchen staatlich autorisierten Prüf-anstalt in der Landeshauptstadt als starken Mangel empfanden. Die Errichtung des Neubaus entspricht somit dem Wunsch weiter Kreise der heimischen Bauindustrie.

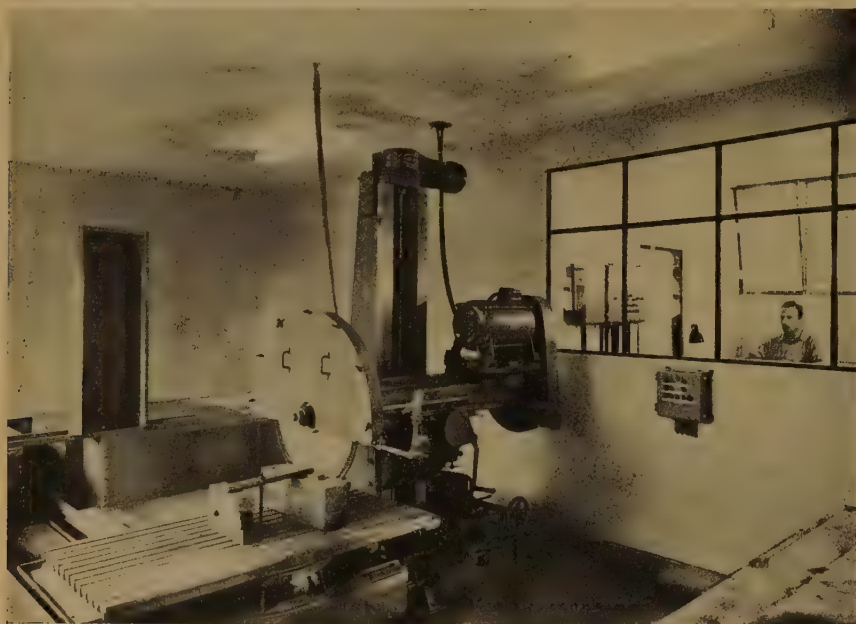


Abb. 3. Steinsäge

liche Autorisation, wodurch es ihr ermöglicht wurde, nicht nur für Außenstehende zu arbeiten, sondern auch entsprechende, für Behörden verbindliche Zeugnisse auszustellen. Sehr bald zeigte sich, daß viele Bauunter-

Ges. m. b. H., einer Gesellschaft des Verbundkonzerns, nach Entwürfen der Tauernkraftwerke A.G. in den Jahren 1959 und 1960 errichtet; die Übersiedlung von Kaprun konnte Ende vergangenen Jahres in die Wege geleitet und vor kurzem abgeschlossen werden. Sie mußte ohne Störung des Betriebes vor sich gehen.



Abb. 4. Prüfmaschinenhalle

nehmungen und Bauherrschaften von dieser Möglichkeit in ständig zunehmendem Maß Gebrauch machten. u. a. auch die Österreichischen Bundesbahnen und die Baustellen des Autobahnbaues.

Was die Leistungen der Anstalt betrifft, so sei als Beispiel darauf hingewiesen, daß im Jahr 1960 129 Prüfanträge gestellt wurden, die in den einzelnen Abteilungen 59 verschiedene Arten von Materialprüfungen erforderten. Die *Zementabteilung* nahm etwa 8 000 Einzelprüfungen vor, die sich nicht nur auf die Untersuchungen von Zement, sondern in gleicher Weise auch auf die Prüfung verschiedener heimischer Puzzolanstoffe, wie Traß, Flugasche u. dgl. bezogen. Die *Chemische Abteilung*, deren Arbeitsgebiet neben den Analysen von Zement, Puzzolanstoffen, Betonzusatzmitteln u. dgl. beispielsweise auch die Bestimmung der Hydratationswärme von Zement und der

Widerstandsfähigkeit des Betons gegen aggressive Lösungen umfaßt, führte im vergangenen Jahr etwa 600 Einzelprüfungen durch. In der *Betonabteilung* wurden in 4 400 Versuchen neben den gebräuchlichen Prüfungen



und Entwicklungsarbeiten vor allem auch Untersuchungen auf Frostbeständigkeit, Wasserundurchlässigkeit u. dgl. vorgenommen. Hervorzuheben sind die Einrichtungen zum Heraussägen von Probekörpern aus großen Betonblöcken. Schließlich sei das *Erdbaulaboratorium* mit mehr als 100 Prüfungen im abgelaufenen Jahr erwähnt, in dem alle neuzeitlichen Untersuchungen von Bodenproben auf die für den Dammbau wichtigen Eigenschaften erfolgen, wie beispielsweise Prüfungen auf Durchlässigkeit, Wassergehalt, Raumgewicht u. dgl.

Mit ihren nun jahrelang geschulten Spezialisten und ihren maschinellen Einrichtungen, die allein einen Inventarwert von mehr als 2,5 Mio Schilling besitzen, ist die Anstalt heute in der Lage, nicht nur für den Betonbau, sondern auf dem Gebiet des *gesamten Bauwesens* alle vorkommenden Prüf- und Forschungsarbeiten durchzuführen. Um sie auch weiteren Kreisen außerhalb des Verbundkonzerns zugänglich zu machen, wurde der Betrieb der Anstalt dem neu gegründeten

„Verein für Bautechnische Versuchs- und Forschungsarbeiten“ übertragen, dem neben den Gesellschaften des Verbundkonzerns das Amt der Salzburger Landesregierung, der Magistrat der Stadt Salzburg, aber auch die gesamte österreichische Zementindustrie, der Österreichische Betonverein und die Vereinigung Industrieller Bauunternehmungen Österreichs angehören.

Die in Aussicht genommene engere Zusammenarbeit mit dem Verein der Österreichischen Zementfabrikanten und seinem Forschungslaboratorium sowie mit dem Österreichischen Betonverein wird sich vor allem auf dem Gebiet der Forschung fruchtbringend auswirken.

Damit erscheint die zunehmende Inanspruchnahme der Bautechnischen Versuchs- und Forschungsanstalt in Salzburg gesichert; ihre Weiterentwicklung stellt einen für die österreichische Wirtschaft überaus wertvollen Beitrag zur Förderung der Forschung auf dem so wichtigen Gebiet des Bauwesens dar.

## Über eine neue Hauseinführung

Von Ob.-Ing. J. GADZICKI, Wien, und Dr. Ing. RUDOLF HELLER, Innsbruck

Mit 5 Textabbildungen

DK 621.315.32

In jedem Freileitungs-Ortsnetz für die Versorgung von Letztverbrauchern stellt die sogenannte „Hauseinführungsleitung“, d. i. die Verbindungsleitung von der Freileitung bis einschließlich der Hausanschlußsicherung, das schwächste Glied dar. Man hat in den vorhergegangenen Jahrzehnten wiederholt versucht, diesem Umstand dadurch Rechnung zu tragen, daß man vor dieser Hausanschlußleitung Sicherungen anordnete, die einen Schutz für die Hauseinführung darstellen bzw. verhindern sollten, daß etwaige von den Hauseinführungen herrührende Störungen auch das übrige Netz beeinträchtigen. Solche Sicherungen konnten sich jedoch nicht einbürgern. Die Hauptschwierigkeit dabei war die, daß sie entweder auf davorliegenden Masten oder auf dem Dachständer selbst angebracht werden mußten. Um einen Defekt an diesen Sicherungen zu beheben, war es daher notwendig, den Mast oder das Dach zu besteigen. Da überdies in der Regel Streifensicherungen zur Anwendung kamen, die dem Einfluß der Witterung ausgesetzt waren, wurden solche Sicherungen manchmal auch dadurch defekt, daß eine Verrottung eintrat. Es wurden daher diese Freileitungssicherungen sehr weitgehend wieder verlassen.

Die Hauseinführung stellt somit einen Bauteil dar, der nicht gesichert bzw. geschützt ist. Wenn bedacht wird, daß die davor liegenden Stationssicherungen Nennstromstärken von 100 und auch mehr Amp. aufweisen, wird klar, welche Gefahr die Hauseinführungsleitungen bringen, wenn sie nicht wirklich sorgfältig ausgeführt werden.

Nicht die Überlastung dieser Leitungen ist das Entscheidende. Gegen Überlastung durch Betriebsströme kann man sich nämlich noch dadurch einwandfrei schützen, daß die hinter der Hauseinführungsleitung liegende Hausanschlußsicherung auf den Querschnitt der Hauseinführungsleitung abgestimmt wird. Die große Gefahr rührt jedoch von Isolationsmängeln der Hauseinführungsleitung her. Es muß hier bedacht wer-

den, daß die Hauseinführungsleitung aus einem Innenraum (Dachboden, Hausgang u. dgl.) mit zeitweise hoher Temperatur durch die Wand oder durch die Dachhaut ins Freie führt und dort allen Witterungsunbilden, im Winter unmittelbar der Kälte, ausgesetzt ist. Weiters aber ist in manchen Fällen, die allerdings nach Ansicht der Verfasser sehr weitgehend vermeidbar sind, die Gefahr vorhanden, daß feuchte, oftmals auch mit Ammoniakdampf gesättigte Luft aus Stallräumen u. dgl. durch das Dachständerrohr steigt und dort kondensiert. Das dabei entstehende Kondensat greift die Isolation der Drähte an. Es sollte nach Möglichkeit, wie schon erwähnt, vermieden werden, daß Dachständer oder andere Hauseinführungen in solche Räume münden. Nach Ansicht der Verfasser ist es verfehlt zu versuchen, die Hauseinführung so abzudichten, daß ein Durchströmen dieser feuchten Luft unmöglich ist. Es wird sich nämlich im Verlauf der Jahre — es handelt sich hierbei ja um einen Bauteil, der Jahrzehnte hindurch betriebstüchtig bleiben muß — mit Sicherheit die eine oder andere Undichtigkeit einstellen, durch welche infolge des unvermeidlichen „Atems“ des Dachständers feuchte Luft in das Rohr hineingezogen wird, wobei dann das Kondensat aber wegen der, wenn auch unvollkommenen Abdichtung nicht mehr abfließen kann. Es ist hingegen gerade in jenen Fällen, wo es nicht ganz vermeidbar ist, die Hauseinführung in feuchte Räume münden zu lassen, zweckmäßig für einen guten Luftzug zu sorgen und nicht abzudichten.

Um eine möglichst hohe Kurzschlußfestigkeit, die mit Rücksicht auf die vorher erwähnte hohe Absicherung geboten erscheint, zu gewährleisten, sollte auch in jenen Fällen, in welchen es die Belastung nicht erfordert, ein Mindest-Querschnitt von 10 qmm Cu gewählt werden. Selbstverständlich muß dieser Querschnitt erhöht werden, wenn die Belastung dies erfordert. Im Bereich der Tiwag wurde für die normalen Fälle außer dem Leiter-Querschnitt Cu 10 qmm eindrähtig auch



noch der Leiter-Querschnitt von 25 qmm Cu seilförmig gewählt. Für noch höhere Belastungen scheiden Freileitungszuleitungen in der Regel ohnehin aus.

Die von der Kabelindustrie hergestellten Norm-Leitungen erfüllen die an eine Hauseinführungsleitung gestellten Anforderungen nicht. Es sei kurz darauf verwiesen, daß sich nach Erfahrungen in Deutschland auch mehradrige Leitungen, also Mantelleitungen u. dgl.,

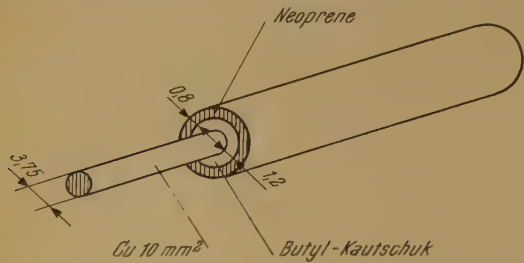


Abb. 1. Neue Dachständerleitung System „TIWAG“

nicht bewährt haben. Die elektrische Festigkeit solcher Leitungen ist durch den innigen Kontakt der einzelnen isolierten Phasen, die unter einem gewissen Druck gegenseitig aufliegen, niedriger als bei gleich stark isolierten Einzeladern. Es war deshalb zweckmäßig, Einzeldrähte durch den Dachständer oder durch die sonstigen Hauseinführungen einzuziehen. Wenngleich

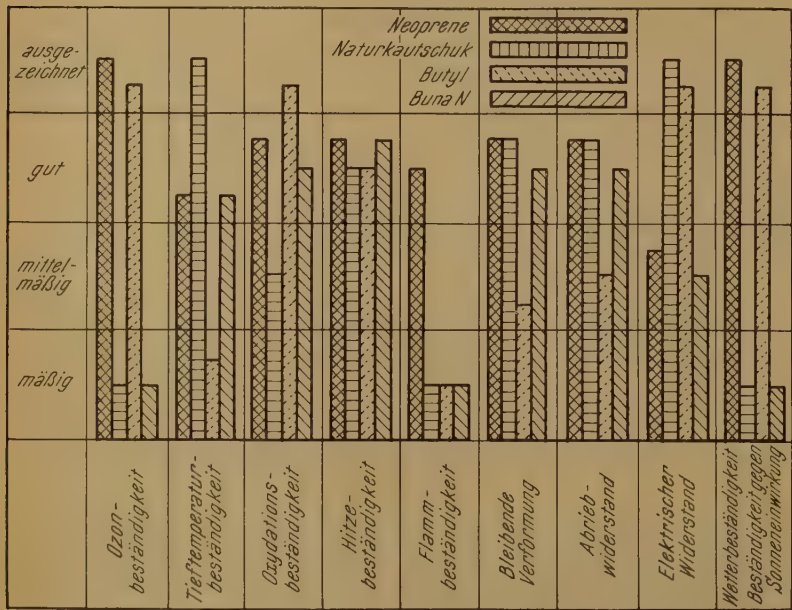


Abb. 2. Eigenschaften verschiedener Kunstgummisorten

selbstverständlich auch diese Einzeldrähte in gegenseitige Berührung kommen, findet diese Berührung nicht unter Druck statt und erfolgt immer nur punktweise, nicht aber linienförmig.

Für die Isolation der einzelnen Drähte schwebte den Verfassern vorerst eine PVC-Mischung vor. Hievon mußte aber bald abgegangen werden. Wie schon erwähnt, sind die Hauseinführungsleitungen sehr starken Temperaturunterschieden ausgesetzt, aber auch starker UV-Strahlung in jenem Teil, in welchem sie ins Freie

kommen. Zusätzlich werden sie durch Feuchtigkeit und Rauchgase u. dgl. beansprucht. Die ständig auftretenden Luftbewegungen bewirken überdies laufende Schwingungen jenes Teiles, der im Freien ist und besonders an jener Stelle, die gerade die gefährlichste ist, nämlich dem Übergang vom Freien in das Rohr. Es konnte nicht mit Sicherheit erwartet werden, daß die heute üblichen PVC-Mischungen in dem großen noch zu bewältigenden Temperaturbereich so entsprechen, daß die zu erwartenden Schwingungen anstandslos aufgenommen werden, d. h. ohne daß Risse in der Isolation eintreten. Aber auch gewisse Erfahrungen hinsichtlich der UV-Strahlungsempfindlichkeit ließen von der Verwendung von PVC-Isolation abkommen.

Die in früherer Zeit verwendeten Gummiisolationen haben im wesentlichen nicht versagt. Es sei gleich hier an dieser Stelle angeführt, daß das hier behandelte Problem in der Fachwelt häufig überschätzt wird. Aus Veröffentlichungen geht hervor, daß nur ein sehr geringer Teil der Hauseinführungsleitungen im Jahr defekt werden. Die im Bereich der Tiwag untersuchten, bis zu 30 Jahre alten Dachständerleitungen wiesen größtenteils noch brauchbare Eigenschaften auf. Allerdings sind die Leitungen aus der Kriegszeit in einem wesentlich schlechteren Zustand. Immerhin wies diese Erfahrung zur Weiterverwendung des Gummi. Nun ist aber Gummi brennbar. Auf der Suche nach geeigneten Gummisorten mußte vorerst klargestellt werden, welche Eigenschaften

die Isolation bzw. der Mantel aufweisen soll. Es sind dies:

1. Gute elektrische Eigenschaften,
2. sehr gute Witterungsbeständigkeit,
3. Elastizität in allen vorkommenden Temperaturbereichen,
4. Flammwidrigkeit,
5. Widerstandsfähigkeit gegen Sonnen-(UV-)Bestrahlung.

Es konnte nicht gelingen, in einem einzigen Material alle diese Eigenschaften zu vereinen. Deshalb wurde für die neuen Tiwag-Dachständerleitungen eine Kombination, wie sie Abb. 1 darstellt, geschaffen. Über dem Kupferleiter wird eine 1,2 mm starke Schicht aus Butylkautschuk-Mischung aufgetragen, die wiederum von einer 0,8 mm starken Neoprene-Mischung umgeben wird.

Aus Abb. 2 sind die wesentlichen Eigenschaften des Neoprene, des Naturkautschuks, Butylkautschuks und von Buna zu ersehen. Es ist daraus zu entnehmen:

Butylkautschuk hat ausgezeichnete elektrische Eigenschaften, ist ebenfalls ausgezeichnet widerstandsfähig gegen Ozoneinwirkung und sehr witterungsbeständig. Leider aber ist Butylkautschuk brennbar. Butylkautschuk hat überdies noch eine gute thermische Überlastbarkeit, d. h. kurze Überströme sind verhältnismäßig harmlos.

Die zur Verwendung gelangenden Neoprene-Mischungen besitzen eine hervorragende Wetterbeständigkeit und sind äußerst flammwidrig. Der spezifische Iso-



lationswiderstand dieser Mischungen beträgt bei 60 °C ungefähr  $8 \times 10^4 \text{ M}\Omega\text{cm}$ . Auch die Oxydationsbeständigkeit und vor allem die Ozonbeständigkeit ist gut bzw. ausgezeichnet.

Die Beständigkeit gegen Sonneneinwirkung ist ebenfalls bei Neoprene ausgezeichnet.

Die Kombination dieser beiden Materialien ließ nunmehr erwarten, daß eine gute gegenseitige Ergänzung stattfindet. Dadurch, daß die Isolierhülle aus Butylkautschuk-Mischung allseitig von der flammwidrigen Neoprene-Mischung umgeben ist, kann praktisch die geringe Flammwidrigkeit der Butylkautschuk-Mischung nicht nachteilig sein. Der hervorragend wetterbeständige Neoprene-Mantel schützt die an und für sich gute Butylkautschuk-Isolierhülle zusätzlich. Die Butylkaut-

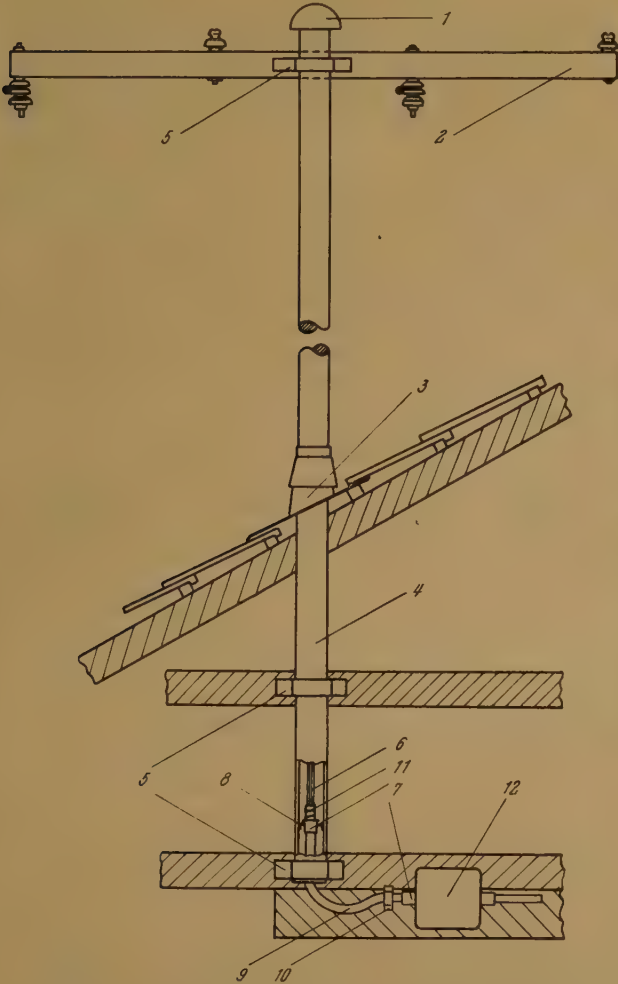


Abb. 3. Übersicht einer Dachständereinführung

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1 Sternkopf 3"              | 8 Zentrierungsblech  |
| 2 Ausleger                  | 9 PVC-Schlauch 32/24 mm                                    |
| 3 Dachständer-Abdichtung    | 10 Stapa-Schelle 2 lappig                                  |
| 4 Dachständerrohr 3"        | 11 Dachständerleitung — Wickelpapier 35 mm breit, 3 m lang |
| 5 Dachständerschelle 3"     | 12 Hausanschlußsicherung                                   |
| 6 Dachständerleitung 10 mm² |  |
| 7 Endtülle aus Kunststoff   |  |

schuk-Mischung stellt die eigentliche elektrische Isolation dar, obwohl der Neoprene-Mantel ebenfalls, wie bereits erwähnt, ausreichende elektrische Isoliereigenschaften besitzt.

Die diesbezüglichen Prüfungen in einem 24stündigem Wasserbad ergaben folgendes:

Es wurde zuerst durch 15 Minuten hindurch mit 3 kV geprüft, ohne daß irgendwelche Ausfälle entstanden. Sodann wurde die Wassertemperatur von 20 ° auf 60 °C erhöht und wieder nach 24 Stunden die Spannungsprüfung mit 3 kV wiederholt. Auch jetzt entstanden keinerlei Ausfälle. Sodann wurde nach Abkühlung des Wassers auf Raumtemperatur die Prüfung um je ca. 3 000 Volt erhöht. Hierbei schlug

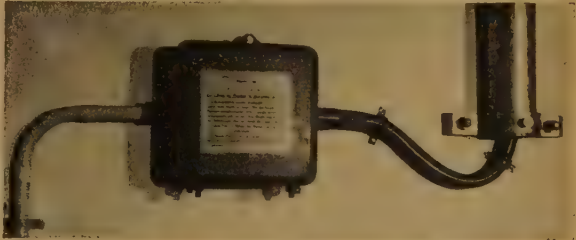


Abb. 4. Unteres Ende des Dachständers mit Hausanschlußsicherung

der erste Prüfling bei 25 000 Volt durch. Die anderen Prüflinge hielten diese Spannung noch einwandfrei aus. Die Prüfung wurde sodann abgebrochen.

Daraus ist wohl zu ersehen, daß die getroffene Kombination ausgezeichnete elektrische Werte aufweist.

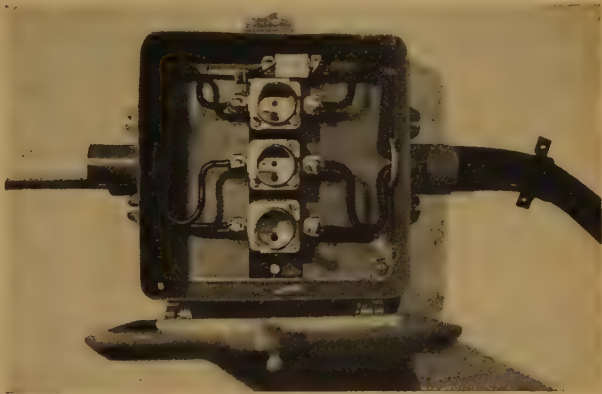


Abb. 5. Hausanschlußsicherung System „TIWAG“ geöffnet, Abdeckplatte abgenommen

Anfang 1961 wurden insgesamt 7 im Jahre 1958 eingebaute Hauseinführungsleitungen dieser Konstruktion ausgezogen und überprüft. Hierbei wurden keinerlei Veränderungen an der Butylkautschukschicht und der darüberliegenden Neoprenelage festgestellt. Die Elastizität dieser Schichten und ihrer Weichheit hatte nicht im geringsten gelitten, und zwar weder in jenem Teil, in welchem die Leitungen im Freien sind, noch in jenem Teil, in welchem sie im Rohr verlaufen. Die Leitungen machten durchwegs einen vollständig neuen Eindruck.

Es sei hier noch festgehalten, daß ursprünglich auch beabsichtigt war, auf die Butylkautschukschichte eine Schichte aus PVC aufzubringen, weil PVC bekanntlich ebenfalls flammwidrig ist. Abgesehen von gewissen Bedenken hinsichtlich der Wetterbeständigkeit aber mußte befürchtet werden, daß eine Weichmacherwanderung aus dem PVC in den Gummi stattfindet, wodurch die



PVC-Schicht zumindest in einem längeren Zeitraum spröde geworden wäre, wogegen der Gummi teigige Eigenschaften angenommen hätte.

Mit der Einführung der neuen Tiwag-Dachständerleitung konnte jedoch das gesamte Problem der Hauseinführung keineswegs erschöpfend gelöst werden. Die gesamte Anordnung wurde so vorgenommen, daß auf das Dachständerrohr ein Porzellansternkopf (1) nach ÖNORM E 4356 (Normblatt in Vorbereitung) aufgesetzt wurde, der die getrennte Einführung jedes einzelnen Drahtes und die Distanzierung der einzelnen Drähte gegeneinander gewährleistet. Es sei nochmals darauf verwiesen, daß diese Stelle die gefährlichste der ganzen Anordnung ist. Sodann werden die isolierten Drähte (6) durch die Dachständerrohre oder durch die Rohre der Hauseinführungsleitung bei direkter Abspannung durchgezogen. Bei Dachständern wird am unteren Ende sodann ein Zentrierungsblech (8) angeordnet, in dessen Zentralbohrung das Ende eines weichen PVC-Schlauches (9) mündet. Dieser Schlauch ist notwendig, um die Drähte in die Hausanschluß-Panzersicherung (12) einführen zu können und sie in jenem Teil, in welchem sie nicht mehr im Dachständerrohr verlaufen, gegen mechanische Beschädigung zu schützen, aber auch um eine unbefugte Stromentnahme dort zu erschweren. Um die schon früher erwähnte Diffusion des Weichmachers zwischen PVC und Gummi zu verhindern, werden auf der Länge des PVC-Schlauches die Leitungen mit einer Papierbewicklung (11) versehen. Eine Übersicht über die gesamte Anordnung zeigt Abb. 3. Abb. 4 zeigt die Anordnung der Hausanschlußsicherung am unteren Dachständerende.

Das letzte Glied der Hauseinführung stellt die Hausanschlußsicherung dar. Hiefür wurde von der Tiwag ebenfalls eine eigene Type entwickelt. An eine solche Sicherung sind folgende Anforderungen zu stellen:

- a) größte Sicherheit gegen mechanische Beschädigung,
- b) reichlich Raum für die Unterbringung der Sicherungselemente und der Klemmen.
- c) beste und sicherste Klemmen,
- d) gute Sicherungselemente, um örtliche Erwärmung zu verhindern,
- e) größtmöglicher Schutz gegen unbefugtes Öffnen der Sicherung.

Um diese Forderungen zu erfüllen, wurde ein

Leichtmetallgußgehäuse gewählt, wie aus Abb. 5 zu ersehen ist.

Oben und unten werden Blechstutzen angeordnet, wobei der eine den aus dem Dachständer ankommenden PVC-Schlauch aufnimmt, auf dessen ins Innere der Sicherung mündenden Ende eine Hart-PVC-Tülle aufgeschoben wird.

Im Sicherungskasten selbst werden 3 Elemente für 60 A Nennstrom eingebaut, und zwar auch dann, wenn bloß 10 mm<sup>2</sup> Cu zur Verlegung kommt. Es würde hiefür entsprechend dem Querschnitt eigentlich ein 25 A-Element genügen. Die Erfahrung zeigt jedoch, daß diese Elemente keineswegs dauernd mit ihrem Nennstrom belastet werden können. Endlich wurde im Kasten noch eine Nulleiterklemme angebracht, und zwar so, daß der Nulleiter isoliert durch die Panzersicherung durchgeführt werden kann.

An dieser Stelle sei vermerkt, daß durch das Aufgeben des früheren Peschelschlauches auch eine zusätzliche Sicherheit dagegen gegeben ist, daß über diese metallische Rohrleitung der Dachständer in das Nullungs- oder Erdungssystem einbezogen wird. Überdies haben die früher verwendeten Peschelschläuche noch den großen Mangel gehabt, daß an den Enden immer scharfe Kanten entstanden, und daß insbesondere die Bohrungen, die als Abflußöffnungen für Kondenswasser angebracht werden mußten, Grate in das Innere des Schlauches brachten, die die Isolation der Drähte aufrissen. Der Deckel der Panzersicherung ist nach unten aufklappbar und kann in dieser Stellung als kleiner Tisch dienen. Die Verschraubung des Deckels ist selbstverständlich plombierbar.

Die ganze Anordnung bringt zweifellos ein höheres Maß an Sicherheit als die bisher verwendeten Hauseinführungsleitungen. Mit Rücksicht darauf, daß aber auch bei diesem Bauteil immer noch eine gewisse Wirtschaftlichkeit gewährleistet sein muß, sei festgestellt, daß diese Bauart verhältnismäßig kostensparend ist, jedenfalls wesentlich billiger kommt, als die in Deutschland üblichen neuen Ausführungen, aber auch nur ein Bruchteil der Kosten der in der letzten Zeit stark propagierten „Mehrkanaal-Kunststoffrohre“ ausmacht. Wesentlich für die Sicherheit ist, daß bei der Montage der Hauseinführung größtmögliche Sorgfalt geübt wird. Die beste Isolation ist nutzlos, wenn sie bei der Verarbeitung beschädigt wird. Es ist daher äußerst wichtig, den Monteuren eindeutig Auftrag zu geben, daß die Drähte mit größter Sorgfalt behandelt werden.

## Die Störungen im geerdeten Teil des österreichischen 220-kV-Verbundnetzes in den Jahren 1958 bis 1960

Von Dipl.-Ing. HERBERT STIMMER, Verbundgesellschaft Wien

Mit 2 Textabbildungen

DK 621.311.1.004.6

### 1. Einführung

Die eingehende Analyse von Störungen in Hochspannungsnetzen ist insbesondere für den Schutztechniker sehr wertvoll und aufschlußreich. Sie zeigt ihm, ob alle am Fehler beteiligten Schutzeinrichtungen, Wandler und Leistungsschalter richtig gearbeitet haben, also in ordnungsgemäßem Zustand sind. Gerade bei den Schutzeinrichtungen für Höchstspannungsnetze, die fast

immer im Ruhezustand sind und nur selten arbeiten, ist es wichtig, sich so oft als möglich über ihre Betriebsbereitschaft zu informieren, da Revisionen aus verschiedenen Gründen nur in größeren Zeitabständen durchgeführt werden können.

Die Störungsanalyse gibt weiterhin darüber Aufschluß, ob diese Schutzeinrichtungen richtig geplant, ausgelegt und eingestellt sind und ob durch zusätz-



liche Maßnahmen ihre Wirksamkeit noch erhöht werden kann.

Aber auch für den Betriebsingenieur, der nicht direkt mit Schutzfragen befaßt ist, bringt die Untersuchung der Störungen oft wertvolle Hinweise. Die Ermittlung der Störungsursachen z. B. läßt häufig erkennen, welche Bauelemente des Netzes besonders stör anfällig sind und welche Maßnahmen zur Verminderung der Zahl der Störungen ergriffen werden können. Auch die Feststellung der Fehlerhäufigkeit und des Fehlerablaufes auf einzelnen Leitungen kann in ähnlicher Weise ausgewertet werden.

Eine eingehende Störungsanalyse ermöglicht es also, den Stand der Betriebssicherheit eines Netzes zu beurteilen und zu erkennen, durch welche Maßnahmen die Betriebssicherheit weiter erhöht werden kann.

Unter diesem Gesichtspunkt sollen nachstehend die Störungen untersucht werden, die in den Jahren 1958, 1959 und 1960 in dem Teil des österreichischen 220-kV-Verbundnetzes aufgetreten sind, der mit starrer Nullpunktterdung betrieben wird. Es werden dabei nur solche Störungen berücksichtigt, die während des Betriebes aufgetreten sind und durch die Schutz einrichtungen abgeschaltet wurden.

## 2. Das österreichische 220-kV-Verbundnetz

### 2.1. Netzzumfang

Am 1. Januar 1958 hatte das österreichische 220-kV-Verbundnetz gemäß Abb. 1 eine Systemlänge von 1 217,5 km.

Bei den grenzüberschreitenden Leitungen (St. Peter—Altheim und St. Peter—Pirach) ist dabei die Leitungslänge bis zur ausländischen Gegenstation berücksichtigt.

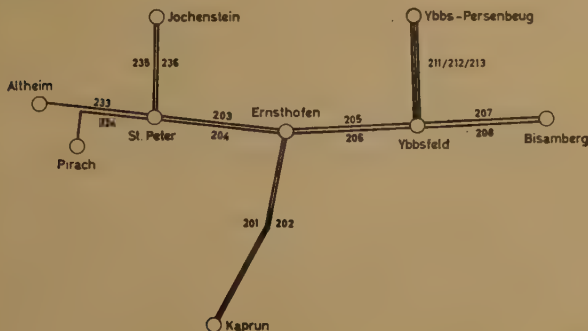


Abb. 1. Das österreichische Verbundnetz am 1. Januar 1958

Am 1. Januar 1959 ging die Doppelleitung Bisamberg—Sokolnice mit einer Systemlänge von 255,4 km in Betrieb, so daß sich die Gesamtlänge auf 1 472,9 km erhöhte.

Ende April 1959 kam die Einfachleitung Weißenbach—Hessenberg—St. Andrä dazu, die in der nachstehenden Untersuchung aber nicht berücksichtigt wird, da sie in Weißenbach durch einen Isoliertransformator vom übrigen 220-kV-Netz galvanisch getrennt ist und mit Erdschlußkompensation betrieben wird.

Am 15. Oktober 1960 schließlich ging die Einfachleitung Kaprun—St. Peter mit einer Länge von 143,7 km in Betrieb. Damit erhöhte sich die Gesamtlänge des ge-

erdet betriebenen 220-kV-Verbundnetzes auf 1 616,6 km (Abb. 2).

Berücksichtigt man den Zeitpunkt der Inbetriebsetzung der einzelnen Leitungen in Form eines entspre-



Abb. 2. Das österreichische Verbundnetz am 31. Dezember 1960

henden Längenanteiles, so ergibt sich für die einzelnen Jahre folgende Systemlänge:

1958: 1 217,5 km

1959: 1 472,9 km

1960: 1 503,2 km.

### 2.2. Schutzeinrichtungen

#### 2.2.1. Leitungsschutz

Die Dreifachleitung Kraftwerk Ybbs-Persenbeug—Umspannwerk Ybbsfeld ist an beiden Enden mit einem modernen einsystemigen Schnelldistanzschutz mit Kurzunterbrechungseinrichtung ausgerüstet. Alle übrigen 220-kV-Leitungen sind an beiden Enden mit modernen dreisystemigen Schnelldistanzrelais mit Kurzunterbrechungseinrichtung geschützt.

Der Schnellzeitbereich dieser Distanzrelais erfaßt etwa 85 bis 90% der Leitungslänge. Um auch bei Fehlern in der Nähe eines Leitungsendes eine beidseitige Schnellzeitabschaltung zu erzielen, wurde im Laufe des Jahres 1960 auf den meisten Leitungen eine Schaltermitnahme über leitungsgeschaltete Trägerfrequenz-(TFH-)Verbindungen in Betrieb genommen. Dabei wird das Auslösekommando eines Schnelldistanzrelais auch an das gegenüberliegende Leitungsende übertragen und bewirkt dort die Auslösung des Leistungsschalters, sofern eine Anregung vorliegt [1].

Die Kurzunterbrechungseinrichtung arbeitet bei Doppelleitungen, bei denen beide Systeme parallel in Betrieb sind, derart, daß bei einpoligen Fehlern eine einpolige Kurzunterbrechung mit 0,5 Sekunden Dauer erfolgt, während mehrpolige Fehler dreipolig auf 0,3 Sekunden kurzunterbrochen werden. Ist von der Doppelleitung hingegen nur ein System in Betrieb, so erfolgt nur bei einpoligen Fehlern eine einpolige Kurzunterbrechung mit 0,5 Sekunden, mehrpolige Fehler hingegen werden sofort definitiv abgeschaltet. Auch wenn beide Leitungssysteme zwar in Betrieb, aber nicht parallelgeschaltet sind, wird nur mit einpoliger Kurzunterbrechung gearbeitet. Das gleiche gilt für Einfachleitungen.



## 2.22. Sammelschienenschutz

Während des Beobachtungszeitraumes waren in keiner Station spezielle Sammelschienenschutzeinrichtungen in Betrieb. Sammelschienenfehler wurden durch die Distanzrelais der Gegenstationen in der 2. Stufe mit etwa 0,6 Sekunden abgeschaltet.

## 2.23. Transformatorschutz

Alle Transformatoren sind außer mit einem Buchholzschutz und Temperaturüberwachung auch mit einem unverzüglich wirkenden, einschaltssicheren Differentialschutz geschützt.

### 3. Fehlerstatistik

Für das unter Punkt 2 beschriebene Netz werden die aufgetretenen Fehler in der Zeit vom 1. Januar 1958 bis 31. Dezember 1960 nach verschiedenen Gesichtspunkten untersucht. Dabei werden Fehler auf grenzüberschreitenden Leitungen auch dann berücksichtigt, wenn sie möglicherweise auf dem im Ausland liegenden Abschnitt der Leitung lagen.

#### 3.1. Zahl der Fehler

Die Zahl der Fehler, bei denen es zu einer Auslösung durch die Schutzeinrichtungen kam, betrug in den drei Jahren:

1958: 13 Fehler  
1959: 17 Fehler  
1960: 13 Fehler

---

1958 bis 1960 43 Fehler.

Bezogen auf die unter 2.1 genannten Leitungslängen ergibt sich damit folgende Fehlerhäufigkeit pro Jahr und 100 km:

1958: 1,07  
1959: 1,154  
1960: 0,865.

Es zeigt sich somit im Jahre 1960 eine merkliche Verminderung der Fehlerhäufigkeit gegenüber den vorhergehenden Jahren. Bei der an sich geringeren Fehlerzahl pro Jahr kann aber daraus vorerst noch keine Schlußfolgerung gezogen werden, es bleibt abzuwarten, welcher Verlauf sich über einen längeren Zeitraum ergibt.

#### 3.2. Fehlerstelle

Interessant für die Beurteilung der Notwendigkeit spezieller Schutzeinrichtungen ist die Unterscheidung zwischen Sammelschienen- und Leitungsfehlern. Die Frage ist, ob Fehler an Spannungs- und Stromwandlern zu den Leitungs- oder Sammelschienenfehlern zu zählen sind. Mit Rücksicht auf die Funktion der Schutzeinrichtungen wird hier folgende Zuordnung getroffen:

Leitungsspannungswandler liegen im Schutzbereich des Leitungsdistanzschutzes, bei einem Fehler in einem Leitungsspannungswandler wird im allgemeinen der zugehörige Leitungsdistanzschutz ausgelöst. Diese Spannungswandler werden daher zur Leitung gezählt.

Bei einem Fehler im Leistungsstromwandler hingegen wird in vielen Fällen das Leitungsdistanzrelais nicht richtig arbeiten, so daß diese Stromwandler als Bestandteil der Sammelschiene betrachtet werden.

Spannungswandler und sonstige Einrichtungen im Zuge der Sammelschiene sind ebenfalls Bestandteile der Sammelschiene.

Stromwandler in den Transformatorabzweigen liegen bereits im Schutzbereich des Transformator-differentialschutzes, so daß sie dem Transformator und nicht der Sammelschiene zugeordnet werden.

Die Begrenzung der Sammelschiene ist daher durch folgende Punkte gegeben:

In Richtung Leitung: Leitungsseitige Anschlußklemmen der Leistungsstromwandler.

In Richtung Transformator: Sammelschienen-seitige Anschlußklemmen der Transformatorstromwandler.

Alle dazwischenliegenden Apparate, wie Leistungsschalter, Trennschalter, Spannungs- und Stromwandler usw., gehören zur Sammelschiene.

Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich folgende Verteilung:

Leistungsfehler	Sammelschienenfehler	Fehler in einem Transformatorabzweig
39 (91%)	2 (4,5%)	2 (4,5%)

Von den 39 Leistungsfehlern traten 37 auf der Leitung auf, in zwei Fällen handelte es sich um Fehler in einem Leitungsspannungswandler.

Bei den zwei Sammelschienenfehlern liegt ein Defekt an einem Trennschalter, der zu einem Sammelschienenkurzschluß führte, und ein Fehler an einem Leistungsstromwandler vor.

Bei den beiden Fehlern in Transformatorabzweigen handelt es sich um Störungen der 220-kV-Transformatorstromwandler.

Aus der Zusammenstellung ist ersichtlich, daß die Zahl der Leistungsfehler gegenüber der Zahl der Sammelschienenfehler weitaus überwiegt, so daß bei der Ausbildung der Schutzeinrichtungen das Hauptaugenmerk auf den Leitungsschutz zu legen ist, während die Notwendigkeit von speziellen Sammelschienenschutz-einrichtungen zumindest mit Rücksicht auf die Seltenheit dieses Fehlers nicht unbedingt gegeben sein dürfte.

#### 3.3. Fehlerart

Für die Ausführung und Schaltung der Schutz-sowie Kurzunterbrechungseinrichtungen ist wichtig, zu wissen, welche Fehlerart die häufigste ist. Es wird dabei unterschieden zwischen ein- und mehrpoligen Erdkurzschlüssen und isolierten Kurzschlüssen. Die Verteilung ist aus nachstehender Tabelle ersichtlich.

Erdkurzschlüsse			isolierte Kurzschlüsse	
einpolig	zweipolig	dreipolig	zweipolig	dreipolig
39 (91%)	3 (7%)	—	4 (9%)	—

Die weitaus häufigsten Fehler traten also als einpolige Erdkurzschlüsse auf, was übrigens auch mit den Erfahrungen in anderen 220-kV-Netzen gut übereinstimmt.

Bei den drei zweipoligen Erdkurzschlüssen handelt es sich um Fehler, die als einpolige Erdkurzschlüsse begannen und infolge einer verzögerten Abschaltung auf eine zweite Phase übergriffen. Sie scheinen daher



sowohl unter den einpoligen als auch unter den zweipoligen Fehlern auf. Sind die Schutzeinrichtungen so ausgebildet, daß alle einpoligen Fehler mit Schnellzeit abgeschaltet werden, so ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten zweipoliger Fehler mit Erdberührung sehr gering.

Aus dieser Verteilung ist weiters ersichtlich, daß die Schutzeinrichtungen so auszulegen sind, daß in erster Linie einpolige Erdkurzschlüsse möglichst rasch erfaßt werden, während man bei den weitaus selteneren isolierten Fehlern eine etwas längere Abschaltzeit, die durch Umschaltungen in den Meßkreisen des Distanzrelais bedingt ist, in Kauf nehmen kann.

### 3.4. Lichtbogen- und satte Fehler

Um die Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit der Kurzunterbrechung beurteilen zu können, ist eine Unterscheidung der Fehler in Lichtbogen- und satte Fehler zweckmäßig. Lichtbogenfehler sind hier solche, bei denen der Kurzschluß über einen Lichtbogen erfolgt, der bei Wegfall der Anspeisung erlischt, so daß der betroffene Anlageteil dann wieder fehlerfrei ist.

Bei satten Fehlern hingegen handelt es sich um eine feste, z. B. metallische Kurzschlußbahn, die auch nach Wegfall der Anspeisung bestehen bleibt. Unter diesen Gesichtspunkten ergeben sich folgende Verhältnisse:

Lichtbogenfehler			satte Fehler		
einpol.	mehrpol.	gesamt	einpol.	mehrpol.	gesamt
30 (70 %)	3 (7 %)	33 (77 %)	9 (21 %)	1 (2 %)	10 (23 %)

Die Zahl der Lichtbogenfehler ist bedeutend größer als die Zahl der satten Fehler. Da Lichtbogenfehler im allgemeinen durch die Kurzunterbrechung ohne merkliche Betriebsstörung eliminiert werden können, kann durch diese Maßnahme die Betriebssicherheit des Netzes stark erhöht werden.

### 3.5. Wirksamkeit der Kurzunterbrechung

Einen groben Überblick über die Auswirkungen der Kurzunterbrechung (KU), bezogen auf die Gesamtzahl der Störungen gibt nachstehende Tabelle:

KU erfolgreich	KU erfolglos	keine KU
26 (60,5 %)	13 (30 %)	4 (9,5 %)

Es wurden also immerhin 60 % aller aufgetretenen Fehler durch die Kurzunterbrechung beseitigt, ohne daß die Versorgung der Abnehmer merkbar gestört wurde.

Um aber ein richtiges Bild zu bekommen, ist es notwendig, dieses Problem noch etwas genauer zu untersuchen. Zu diesem Zweck wird vorerst eine Aufgliederung in Lichtbogenfehler und satte Fehler durchgeführt:

Lichtbogenfehler			satte Fehler	
KU erfolgreich	KU erfolglos	ohne KU	KU erfolglos	ohne KU
26 (60,5 %)	6 (14 %)	1 (2,5 %)	7 (16 %)	3 (7 %)

Bei satten Fehlern ist die Kurzunterbrechung natürlich erfolglos. Hingegen ist es notwendig, zu klären, warum bei insgesamt 7 Lichtbogenfehlern die Kurzunterbrechung erfolglos war bzw. überhaupt nicht erfolgte.

In drei von den sieben Fehlern handelt es sich um Fehler in der Nähe eines Leitungsendes. Da auf diesen Leitungen zum Zeitpunkt des Fehlers die TtH-Schaltermittnahme noch nicht in Betrieb war, löste nur ein Leistungsschalter in Schnellzeit aus und führte eine Kurzunterbrechung durch, während vom gegenüberliegenden Leitungsende auch während der Kurzunterbrechungspause weiterhin auf den Fehler eingespeist wurde, so daß die Kurzunterbrechung mißlang. Nach Einführung der Schaltermittnahme wird in Hinkunft auch bei solchen Fehlerfällen die Kurzunterbrechung erfolgreich sein.

Bei drei weiteren Fehlern war die Einspeisung von einer Seite her so schwach, daß sie zur Anregung des Distanzschutzes nicht ausreichte, aber genügte, den Fehlerlichtbogen während der Kurzunterbrechung auf der Gegenseite weiter aufrechtzuerhalten. Es handelt sich hier um einen vorübergehenden Sonderfall, bei dem ein Inselnetz, das überwiegend aus Verbrauchern besteht, versorgt wurde.

Bei dem Lichtbogenfehler schließlich, bei dem keine Kurzunterbrechung erfolgte, handelt es sich um einen Fehler auf einer grenzüberschreitenden Leitung, auf der damals die Kurzunterbrechung noch nicht in Betrieb war. In der Zwischenzeit wird auch auf dieser Leitung die Kurzunterbrechung angewendet.

Berücksichtigt man diese Verhältnisse, so kann man sagen, daß Lichtbogenfehler grundsätzlich durch eine Kurzunterbrechung eliminiert werden können. Es ist daher damit zu rechnen, daß nach Ausbau der Schutzeinrichtungen des österreichischen 220-kV-Verbundnetzes für Schnellzeitabschaltung auf der gesamten Leitungslänge praktisch alle Lichtbogenfehler, d. s. rund 77 % aller auftretenden Fehler, durch die Kurzunterbrechung ohne weitere Betriebsstörung beseitigt werden. Der Nutzen der Kurzunterbrechung für die Sicherheit einer ungestörten Energieversorgung ist damit wohl einwandfrei klargestellt.

### 3.6. Ein- und mehrpolige Kurzunterbrechung

Wie schon eingangs erwähnt, wird nur bei Doppelleitungsbetrieb mit ein- oder dreipoliger Kurzunterbrechung gearbeitet. Bei einsystemigem Betrieb kann die dreipolige Kurzunterbrechung unter Umständen dazu führen, daß das Netz in zwei Teile getrennt wird, die zum Zeitpunkt des Wiederschaltens nicht mehr synchron sind, was zu stoßartigen Ausgleichsvorgängen und Pendelerscheinungen führt. Es muß also dafür gesorgt werden, daß bei Doppelleitungsbetrieb und Ausfall eines Systems, z. B. infolge einer Störung, im zweiten System sofort auf einpolige Kurzunterbrechung umgeschaltet wird. Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen in dieser Richtung stellt aber die dreipolige Kurzunterbrechung eine gewisse latente Gefahr für das Netz dar, besonders, wenn es sich um hochbelastete Kuppelleitungen handelt, die Erzeugernetze mit Verbrauchernetzen verbinden. Es wird daher immer wieder erwogen, ob die dreipolige Kurzunterbrechung mit Rücksicht auf die geringe Zahl von mehrpoligen



Lichtbogenfehlern beibehalten werden soll. In diesem Zusammenhang soll auch die Wirksamkeit der mehrpoligen Kurzunterbrechung bei mehrpoligen Fehlern untersucht werden.

In den drei betrachteten Jahren sind insgesamt drei zweipolige Lichtbogenfehler aufgetreten. Alle drei Fehler lagen ganz in der Nähe eines Leitungsendes, so daß es zwar auf einer Seite zu einer dreipoligen Kurzunterbrechung kam, auf der anderen Seite löste jedoch der Schutz nicht in Schnellzeit aus, so daß die Kurzunterbrechung erfolglos blieb. Es kann daher in diesem Zusammenhang keine Aussage über die Wirksamkeit und Zweckmäßigkeit der mehrpoligen Kurzunterbrechung gemacht werden.

3.7. Übergang von ein- auf mehrpolige Fehler

In den drei untersuchten Jahren traten insgesamt drei zweipolige Erdkurzschlüsse auf. In allen drei Fällen hatte der Fehler als einpoliger Erdkurzschluß begonnen. Da dieser Erdkurzschluß nicht in Schnellzeit abgeschaltet wurde, griff er auf eine zweite Phase über, es kam zu einem zweipoligen Erdkurzschluß. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Fehlers, der sofort als zweipoliger Erdkurzschluß einsetzt, ist daher als sehr gering zu betrachten.

3.8. Fehlerursachen

Eine Untersuchung der Fehlerursachen ergibt vorerst folgendes Bild:

Gewitter	10	(23%)
Wandlerdefekte	5	(11,5%)
Isolatorbrüche	3	(7%)
Schneeabwurf	2	(5%)
Trennerdefekt	1	(2,5%)
Überschläge gegen Gebüsch	1	(2,5%)
Wetterballon	1	(2,5%)
Unbekannt	20	(46%)

Die große Zahl der Störungen mit unbekannter Ursache soll noch weiter untersucht werden. Zu diesem Zweck wird vorerst festgestellt, zu welchen Tages- und Jahreszeiten diese Fehler mit unbekannter Ursache aufgetreten sind.

Von den insgesamt 20 Fehlern mit unbekannter Ursache sind 14 etwa zur Zeit des Sonnenaufganges aufgetreten. In zwölf Fällen erfolgte eine einpolige erfolgreiche Kurzunterbrechung, es hatte sich also um einen Lichtbogenfehler gehandelt. In einem Fall war die Kurzunterbrechung erfolglos und in einem weiteren Fall erfolgte keine Kurzunterbrechung, da diese noch nicht in Betrieb war. Zurückgreifend auf die Erfahrungen mit Erdschlußwischern im 110-kV-Netz kann man annehmen, daß es sich bei einem beträchtlichen Teil dieser 14 Fehler um Sonnenaufgangsüberschläge handelte.

Von den übrigen 6 Fehlern mit unbekannter Ursache sind 4 in den Sommermonaten nachmittags aufgetreten und wurden durch eine einpolige Kurzunterbrechung beseitigt. Es dürfte sich dabei in der Mehrzahl um Gewitterüberschläge gehandelt haben.

Unter Zugrundelegung dieser Überlegungen ergibt sich nunmehr folgendes Bild für die Fehlerursachen:

Gewitter	10-14	(23-33%)
Sonnenaufgangsüberschläge	ca. 12	(28%)
Wandlerdefekte	5	(11,5%)
Isolatorbrüche	3	(7%)
Schneeabwurf	2	(5%)
Trennerdefekt	1	(2,5%)
Überschlag gegen Gebüsch	1	(2,5%)
Wetterballon	1	(2,5%)
Unbekannt	4-8	(9-18%)

Diese Übersicht zeigt nunmehr, daß 220-kV-Leitungen trotz ihres hohen Isolationsniveaus noch eine relativ große Anfälligkeit gegen Gewitterstörungen und Sonnenaufgangsüberschläge aufweisen. Es ist allerdings möglich, diese Störungen, bei denen es sich meist um einpolige Lichtbogenkurzschlüsse handelt, durch die Kurzunterbrechung ohne Betriebsstörung zu beseitigen.

3.9. Verteilung der Fehler über das Jahr

Interessant ist, festzustellen, wie sich die Fehler über das Jahr verteilen. Dafür ergibt sich folgendes Bild:

Monat	Fehlerzahl	Ursachen		
		Gewitter	Sonnenaufgang	Sonstige
Januar	5 (11,5%)	—	4	1
Februar	2 (5%)	—	—	2
März	5 (11,5%)	—	1	4
April	2 (5%)	1	1	—
Mai	2 (5%)	1	—	1
Juni	6 (14%)	4	1	1
Juli	9 (21%)	3	3	3
August	11 (25%)	5	3	3
September	1 (2,5%)	—	—	1
Oktober	—	—	—	—
November	—	—	—	—
Dezember	—	—	—	—

Erwartungsgemäß zeigt sich in den Sommermonaten Juni bis August eine größere Fehlerhäufigkeit, die in erster Linie auf die größere Zahl von Gewitterstörungen und Sonnenaufgangsüberschlägen zurückzuführen ist. Es ist allerdings zu beachten, daß diese Erscheinung nicht in allen drei Jahren gleichmäßig festzustellen ist, so daß eine gewisse Vorsicht bei der Auswertung geboten erscheint.

4. Zusammenfassung

Aus den unter Punkt 3 angeführten Untersuchungen kann zusammenfassend folgendes Bild gewonnen werden:

a) Fehlerstelle

Der Anteil der Leitungsfehler überwiegt mit 91% weitaus den Anteil der Sammelschienenfehler mit 4,5%.

b) Fehlerart

Der Anteil der einpoligen Erdkurzschlüsse überwiegt mit 91% stark gegenüber der Zahl der isolierten Fehler mit 9%. Mehrpolige Erdkurzschlüsse entwickeln sich meist aus einpoligen Fehlern, wenn diese nicht rechtzeitig abgeschaltet werden.



### c) Kurzunterbrechung

Die Wirksamkeit der Kurzunterbrechung bei Lichtbogenfehlern ist immer gegeben, wenn sichergestellt wird, daß sie an beiden Leitungsenden gleichzeitig erfolgt. Die Lichtbogenfehler machen erfahrungsgemäß rund 77% aller auftretenden Fehler aus, es kann daher damit gerechnet werden, daß der gleiche Prozentsatz aller auftretenden Fehler durch die Kurzunterbrechung ohne merkbare Betriebsstörung beseitigt wird.

### d) Fehlerursache

Zu den häufigsten Fehlerursachen zählen Gewitterstörungen (rund 25%) und Sonnenaufgangsüberschläge (rund 28%) in den Sommermonaten. Diese Fehler werden im allgemeinen durch die Kurzunterbrechung beseitigt. Auch die Zahl der Wandlerdefekte (11,5%) ist beachtlich, während alle übrigen Fehlerursachen nur vereinzelt auftreten.

Für die Ausbildung der Schutzeinrichtungen ergeben sich damit folgende Gesichtspunkte:

a) Mit Rücksicht auf die Fehlerhäufigkeit hat ein Sammelschienenschutz gegenüber dem Leitungsschutz nur untergeordnete Bedeutung.

b) Die Schutzeinrichtungen sind in erster Linie für die richtige Erfassung und rascheste Abschaltung einpoliger Leitungserdkurzschlüsse auszulegen.

c) Die Kurzunterbrechung ist imstande, rund 77% aller auftretenden Fehler zu eliminieren, so daß sie eine sehr wirksame Einrichtung zur Erhöhung der Betriebssicherheit eines Netzes darstellt. Wichtig ist dabei, daß die Kurzunterbrechung an beiden Leitungsenden gleichzeitig erfolgt.

d) Auch mit Rücksicht auf die Gefahr der Ausweitung eines einpoligen Kurzschlusses auf einen mehrpoligen ist es wichtig, Leitungsfehler allseitig in Schnellzeit abzuschalten.

Für den weiteren Ausbau der Schutzeinrichtungen des österreichischen 220-kV-Verbundnetzes werden diese Gesichtspunkte entsprechend beachtet werden.

### Schrifttum

[1] H. STIMMER: „Distanzschutz für Höchstspannungsleitungen mit gegenseitiger Schaltermitnahme über leitungsgerichtete Trägerfrequenzverbindungen.“ Elektrizitätswirtschaft 59 (1960), Heft 17, S. 595–598.

## Erfahrungsbericht über ein städtisches Maschennetz

Von Dipl.-Ing. HANS TIEFENTHALER, Innsbruck

Mit 6 Textabbildungen

DK 621.3.052.001.8

Im Vergleich mit Strahlennetzen weisen vermaschte Netze wesentlich bessere Spannungshaltung und größere Betriebssicherheit auf. Laststeigerungen im Netz können in Maschennetzen durch Errichtung neuer Umspannstellen an bestimmten bestehenden Netzknotenpunkten aufgefangen werden, ohne daß die Kabelbelastungen im Netz nennenswert steigen. Kabelverstärkungen sind daher in lastdichten Stadtgebieten für lange Zeit unnötig. Im folgenden wird das Betriebsverhalten eines Maschennetzes, das sich nunmehr über ein Jahr störungsfrei im Betrieb befindet, aufgezeigt und dessen Situierung und Einrichtungen beschrieben.

### Netzaufbau

Das vorgenannte Maschennetz versorgt ein städtisches Wohngebiet von etwa 0,8 km<sup>2</sup> Flächenausmaß, in dem auch Geschäfts- und Gewerbebetriebe angesiedelt sind. Die derzeitige Höchstlast des Gebietes beträgt etwa 4 500 kW. In das Maschennetzgebiet führen vier 5-kV-Strahlenkabel, die, wie Abb. 1 zeigt, gemeinsam von einem Regelumspanner, der sich im örtlich zuständigen Umspannwerk befindet, gespeist werden. Jedes Kabel versorgt vier Umspannstellen des Netzes, die einheitlich mit je einem 500-kVA-Umspanner mit 6% Kurzschlußspannung ausgestattet sind. Die Wahl der Kabelführung wurde durch Verwendung bestehender Kabelstrecken derart getroffen, daß möglichst jede Umspannstelle von Umspannstellen anderer Kabelstränge benachbart ist. Damit ergibt sich bei Ausfall eines Hochspannungskabelstranges eine gute Lastverteilung auf die noch im Betrieb befindlichen Kabelstränge.

Die installierte Transformatorleistung aller sechzehn Umspannstellen des Netzes beträgt 8 000 kVA ( $4 \times 4 \times 500$  kVA). Den Eigenschaften eines richtig geplanten Maschennetzes entsprechend, muß zu jeder Zeit die

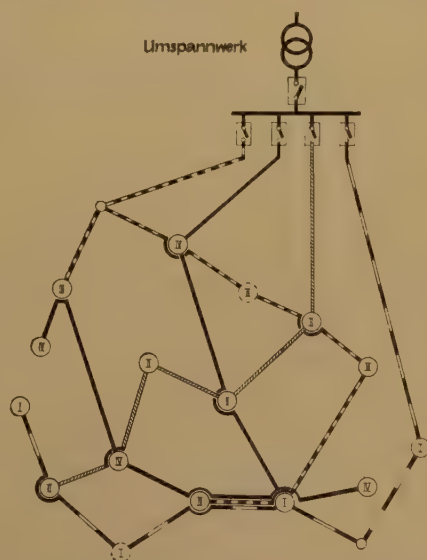


Abb. 1. Mittelspannungs-Kabelnetz für Maschennetzspeisung

Möglichkeit bestehen, einen der vier Hochspannungskabelstränge abzuschalten, ohne daß dadurch an den restlichen Kabelsträngen und Umspannern Überlastungen auftreten. Es steht daher bei Auftritt einer Hoch-



spannungs-Kabelstörung jederzeit die volle Reserve durch die übrigen Kabel zur Verfügung. Die installierte Transformatorleistung des Netzes sinkt allerdings bei derartigen Störfällen auf 6 000 kVA ( $3 \times 4 \times 500$  kVA)

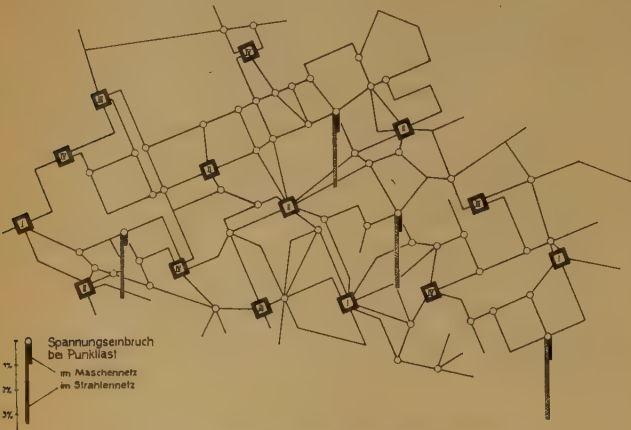


Abb. 2. Niederspannungs-Maschennetz

ab. Diese Leistung ist für den vorbeschriebenen Ausbauzustand des Netzes die Grenze der Netzbelastung.

Die Vermaschung des Niederspannungsnetzes stellt Abb. 2 dar. Da das Netz aus einem organisch gewachsenen ehemaligen Strahlennetz gebildet wurde, liegen

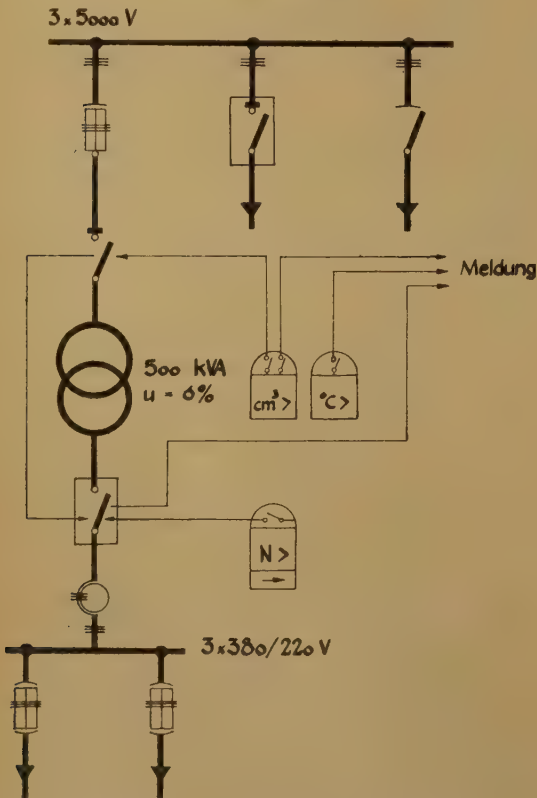


Abb. 3. Prinzipschaltung einer Maschennetz-Umspannstelle

keine einheitlichen Kabelquerschnitte vor. Die Mehrzahl der Kabelverbindungen bestehen jedoch aus Vierleiterkabeln mit Leiterquerschnitten von 150 mm<sup>2</sup> Al. An allen Knotenpunkten des Netzes, sowie in den Umspannstellen, erfolgt die Absicherung der Kabel ein-

heitlich mit NH-Sicherungen, deren Nennstrom 260 A beträgt. Die Bestimmung der den Netzverhältnissen entsprechenden günstigsten Nennstromstärke der Sicherungen erfolgte auf Grund durchgeführter Modellmessungen.

### Maschennetz-Umspannstellen

Abb. 3 zeigt die prinzipielle Schaltung einer Maschennetz-Umspannstelle. Die Transformatoren werden primärseitig durch HH-Sicherungen und Lasttrennschalter geschützt. Die Auslösung der Lasttrennschalter erfolgt bei Ansprechen der Buchholzrelais und bewirkt gleichzeitig die Mitauslösung des zugehörigen Niederspannungsschalters im betroffenen Transformatorab-



Abb. 4. Maschennetz-Umspannstelle

zweig. Die Gefahrmeldungen „Buchholzwarnung“ und „Ölüber Temperatur“ werden über eine eigene Umspannstellen-Fernüberwachungsanlage an eine zentrale Kontrollstelle übertragen. Über diese Anlage gelangt ferner jede Schalterauslösung in den Transformatorabzweigen der Maschennetz-Umspannstellen zur Anzeige.

### Maschennetz-Relais

Die Auslösung der Transformator-Niederspannungsschalter (Maschennetzschalter) wird durch Maschennetz-Relais bewirkt. Dem besonderen Betriebsverhalten von Maschennetzen entsprechend, dürfen Überströme in den Transformatorabzweigen nur dann abgeschaltet werden, wenn eine Rückspeisung aus dem Maschennetz über die Transformatoren in das Hochspannungsnetz erfolgt, was bei Kurzschlüssen auf den Hochspannungskabeln der Fall ist. Treten Überströme mit Energierichtung zum Maschennetz auf, so muß die Auslösung der Maschennetzschalter verhindert werden. Diese Funktionen werden von den Maschennetz-Relais ausgeübt. Es sind dies dreipolige wattmetrische Richtungs-Relais mit drei Meßwerken, die vom Strom und von der Spannung gespeist werden und über zwei Ferrarisscheiben auf eine Achse arbeiten, durch die sodann die Kontaktgabe erfolgt. Die



besondere Ausbildung der Relais ermöglicht es, daß auch bei schweren Spannungseinbrüchen, als Folge von Kurzschlüssen auf Hochspannungs-Speisekabeln, die Abtrennung des fehlerhaften Hochspannungskabels vom Maschennetz mit hoher Schaltgeschwindigkeit sichergestellt ist. Die Einstellung der Relais darf jedoch nicht zu empfindlich vorgenommen werden, damit durch betriebsmäßig auftretende Ausgleichströme keine unerwünschten, den Betrieb beunruhigende Schalterauslösungen bewirkt werden.

### Maschennetzschalter und Instrumente

Das erforderliche Schaltvermögen der Maschennetzschalter ergibt sich aus den Höchstwerten der Ströme, die bei Kurzschlüssen auf Hochspannungs-Speisekabeln aus dem Maschennetz über die Netztransformatoren zur jeweiligen Fehlerstelle fließen. Durch Modellversuche konnte festgestellt werden, daß bei Kurzschlüssen an den Niederspannungsverteilern der Maschennetz-Umspannstellen Stoßkurzschlußwechselströme bis zu 25 kA auftreten können. Es gelangten daher, diesen maximalen Kurzschlußströmen entsprechend, Selbstschalter für 1000 A Nennstrom mit Spezialspannungsauslösern, die noch bei Spannungseinbrüchen bis 10% der Betriebsspannung von 220 V sicher ansprechen, zum Einbau.

Zur Feststellung der Netzlastverteilung auf die einzelnen speisenden Umspannstellen sind in bestimmten Zeitabständen Lastmessungen in den Umspannstellen durchzuführen. Hiefür eignen sich besonders thermische Maximumzeiger als Strommesser, die zur Festhaltung der Höchstlast mit Schleppzeigern ausgestattet sind. Diese in allen Umspannstellen eingebauten Strommesser zeigen nur länger anstehende Strombelastungen an, während Stromstöße von kurzer Dauer, die von Einschaltvorgängen oder Netzkurzschlüssen herrühren, sich kaum auf die Messung auswirken. Durch Zurückstellung der Schleppzeiger und Ablesung der Strom-Maxima nach einer bestimmten Zeit kann mit diesen Instrumenten auf einfache Weise ein Überblick auf die Lastverteilung des Maschennetzes gewonnen werden.

Für die Messung der Niederspannung in den Umspannstellen dienen Voltmeter, die durch Umschaltung entweder die verkettete Spannung, oder wahlweise eine der drei Phasenspannungen anzeigen. Abb. 4 zeigt das Innere einer Maschennetz-Umspannstelle. Maschennetz-Relais, Schalter und Instrumente sind mit den

erforderlichen Wandlern und Widerständen in einem geschlossenen Wandschrank eingebaut und dadurch gegen Verschmutzung geschützt.

### Betriebsverhalten des Maschennetzes

Um das Betriebsverhalten des Netzes vor und nach Übergang auf Maschennetzbetrieb miteinander vergleichen zu können, wurden an besonderen Punkten des Netzes Spannungs- und Belastungsmessungen, sowohl im Strahlennetz- als auch im Maschennetzzustand durchgeführt.

Abb. 5 gibt einen Überblick auf die Spannungsverhältnisse im Maschennetz. Die Messungen wurden während der Mittagszeit bei einer Lastdichte von etwa 3 200 kW je km<sup>2</sup> gleichzeitig im speisenden Umspann-

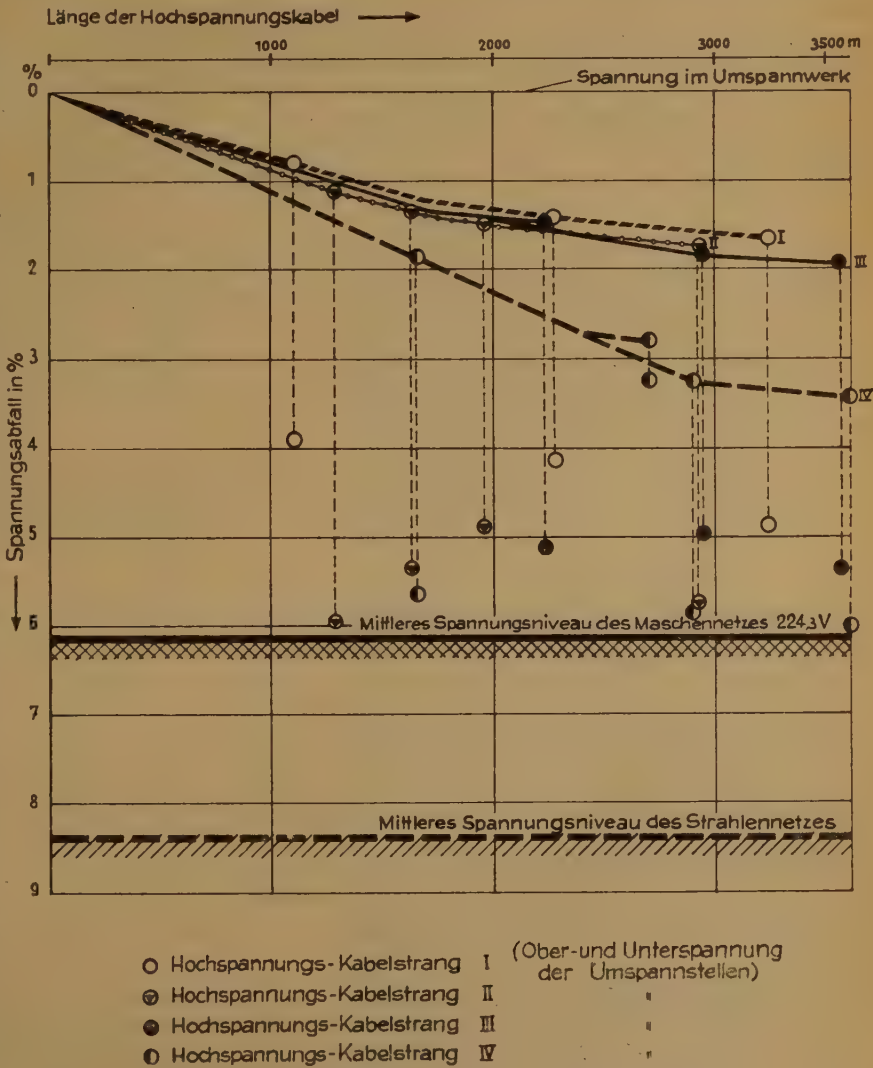


Abb. 5. Spannungsabfälle im Maschen- und Strahlennetz, Netzlast in beiden Fällen 3 200 kW

werk in den vierzehn derzeit bestehenden Maschennetz-Stationen und an vier etwa 250 m von den Umspannstellen entfernt gelegenen Netzstellen mit Präzisions-Spannungsmessern ausgeführt. Zur Ermöglichung der gleichzeitigen Instrumentenablesung wurden mit der Rundsteueranlage Tonfrequenzsignale den Meßstellen



übermittelt. Aus sieben, in kurzen Zeitabständen ausgeführten Messungen, ergab sich ein mittlerer Totalspannungsabfall vom speisenden Umspannwerk über die Maschennetz-Umspannstellen zu den vorerwähnten vier Netzknoten von 6,2%; dabei betrug der reine Spannungsabfall im Maschennetz 1,05%. Die das Maschennetz speisenden Hochspannungskabelstränge versorgen derzeit zum Teil noch maschennetzfremde Umspannstellen und sind daher fast ausgelastet. Es treten deshalb erheblich höhere Spannungsabfälle auf ihnen auf als bei Übertragung der reinen Maschennetzlast. Nach der demnächst stattfindenden Umschaltung der Hochspannungskabel von 5-kV- auf 10-kV-Betriebsspannung, sowie Abtrennung der maschennetzfremden Umspannstellen reduzieren sich die Spannungsabfälle im Hochspannungsnetz auf mehr als die Hälfte.

Der vorher im Strahlennetzzustand festgestellte mittlere Spannungsabfall von den Niederspannungs-Verteilern der Umspannstellen bis zu den vier Meßstellen im Netz betrug bei gleicher Lastdichte, wie vorhin angeführt, 3,3%. Das Spannungsniveau des Netzes konnte daher durch die Vermaschung um 2,25% gehoben werden.

Zur Feststellung des Netzverhaltens bei Anschluß von Punktlasten wurde, jeweils unter gleichen Lastverhältnissen, zunächst im Strahlennetz und dann nach Umschaltung im Maschennetz ein dreipoliger 48-kW-Belastungswiderstand nacheinander an den vier Netz-

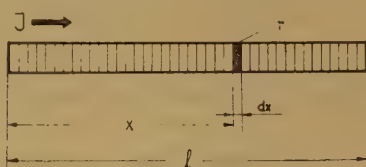


Abb. 6. Zur Ermittlung der Stromwärmeverluste

meßstellen angeschlossen. Dabei wurde im Strahlennetz ein mittlerer Spannungseinbruch von 3,04%, im Maschennetz hingegen von nur 0,62% festgestellt. Die Spannungsschwankungen bei Anschluß der vorhin genannten Punktlast waren also im Strahlennetz rund fünfmal größer als im Maschennetz. In der Abb. 2 sind die Spannungseinbrüche an den einzelnen Netzstellen durch Balken entsprechender Länge gekennzeichnet. Diese durch die Vermaschung bedingte, weitgehende Unempfindlichkeit des Netzes gegenüber Laststößen ist zweifellos eine der wertvollsten Eigenschaften eines Maschennetzes.

Durch Registrierung des Spannungsverlaufes wurde festgestellt, daß die größten totalauftretenden Spannungsschwankungen im Maschennetz nicht mehr als 4,5% betragen. In Strahlennetzen sind dagegen Spannungsschwankungen bis zu 10% und darüber keine Seltenheit. Besondere Vorteile für die Betriebsüberwachung ergeben sich in Maschennetzen durch die Möglichkeit, an den Kabelverteilstellen jedes beliebige Kabel, ohne eine Stromunterbrechung zu verursachen, abzuschalten. Dadurch können Kontrollen und Arbeiten an Kabelverteilern und Maschennetzschaltern im vollkommen spannungslosen Zustand durchgeführt werden. Bei Kabelstörungen im Niederspannungsnetz entfallen weiters die in Strahlennetzen meist erforderlichen zeit-

raubenden Umschaltungen, da infolge der engen Vermaschung stets nur kurze Kabelstrecken von den Sicherungen in den Netzknotenpunkten abgeschaltet werden.

Wie bereits eingangs erwähnt, kann auch jederzeit, sofern es sich nicht um speisende Hochspannungskabel handelt, über die maschennetzfremde Umspannstellen mitversorgt werden, ein Hochspannungskabel abgeschaltet werden, ohne daß dadurch ein Stromausfall erfolgt. Es sind daher auch Arbeiten und Kontrollen an Hochspannungskabeln im spannungslosen Zustand möglich.

## Die Verluste im Maschennetz

Aus Abb. 5 ist ersichtlich, daß bei einer Flächenlast von 3 200 kW je km<sup>2</sup> das mittlere Spannungsniveau des Maschennetzes 224,3 V beträgt. Dieser Wert, sowie die mittleren Werte der Spannungen an den Niederspannungsschienen der speisenden Umspannstellen wurden, wie vorhin angeführt, durch Auswertung der Meßergebnisse von sieben, in kurzen Abständen durchgeführten Messungen ermittelt. Es ergeben sich von den Umspannstellen bis zu einem Netzknoten von mittlerem Spannungsniveau verschiedene Spannungsunterschiede. Denkt man sich an Stelle der tatsächlichen Netzfiguration zwischen den Umspannstellen und dem vorerwähnten Netzknoten fiktive, kontinuierlich belastete Leiter geschaltet, durch die jeweils dieselben Ströme fließen, die von den einzelnen Umspannstellen tatsächlich in das Netz gespeist werden, so ergibt sich entlang eines fiktiven Leiters ein Spannungsabfall von

$$\Delta U = \frac{I \cdot R}{2} \quad (1)$$

Die Stromwärmeverluste eines kontinuierlich belasteten Leiters ergeben sich unter Berücksichtigung der nebenstehenden Abbildung 6 wie folgt:

$$\begin{aligned} I_x &= I \cdot \frac{x}{l} \\ r &= \frac{dx}{\lambda q} \\ v &= I_x^2 \cdot r = \left( I \cdot \frac{x}{l} \right)^2 \cdot \frac{dx}{\lambda q} \\ V &= \int_0^l I^2 \cdot \frac{x^2}{l^2} \cdot \frac{dx}{\lambda q} = \frac{I^2}{l^2 \lambda q} \cdot \int_0^l x^2 dx = \frac{I^2 \cdot l}{3 \lambda q} = I^2 \cdot \frac{R}{3} \end{aligned} \quad (2)$$

aus Gleichung (1) ist

$$R = \frac{2 \Delta U}{I}$$

Dieser Wert in Gleichung (2) eingesetzt, ergibt die je Phase auftretenden Stromwärmeverluste.

$$V = \frac{2 I \Delta U}{3}$$

$I$  . . . . jeweils von einer Umspannstelle in das Netz fließender Strom.

$U$  . . . . Spannungsunterschied zwischen mittlerem Spannungsniveau des Netzes und Spannung am Niederspannungs-Verteiler einer Umspannstelle.



Unter Zugrundelegung des sich aus Abb. 5 ergebenden Spannungsunterschiedes zwischen dem mittleren Spannungsniveau des Netzes und den Spannungen an den Schienen der einzelnen Umspannstellen, konnten die Gesamtnetzverluste nach der vorhin beschriebenen Näherungsrechnung mit 35,5 kW errechnet werden. Bezogen auf die während der Messungen festgestellte Gesamtspeiseleistung des Netzes von 3 200 kW, betragen die Netzverluste 1,1% der gesamten Netzlast.

## Zusammenfassung

Die Vorteile von Maschennetzen gegenüber Strahlennetzen werden durch Vergleich von Meßergebnissen, die vor und nach Vermaschung eines Stadtnetzes ausgeführt wurden, aufgezeigt und der Aufbau des Netzes, sowie seine Einrichtung beschrieben. Ferner wird ein Näherungsverfahren zur Ermittlung der Netzverluste angeführt.

# Erdungs- und Kurzschlußvorrichtungen für Hochspannungsleitungen und Schaltanlagen

Von F. SCHÖFFEL, Verbundgesellschaft Wien

Mit 7 Textabbildungen

DK 621.316.99 : 621.315.668.2

## I. Problemstellung

Das Sichern der Hochspannungsanlagen gegen Fremdspannungseinflüsse an der Arbeitsstelle hat in Berücksichtigung der in Kraft stehenden Vorschriften durch die Schutzmaßnahmen nach den fünf wichtigen Sicherheitsregeln: „Abschalten, Spannungsfreiheit prüfen, gegen Wiedereinschalten sichern, Erden und Kurzschließen, Abdecken und Abgrenzen“ zu erfolgen.

Erdungs- und Kurzschlußeinrichtungen an der Arbeitsstelle dienen zur Reduktion der Beeinflussungsspannungen auf ungefährliche Werte, insbesondere zur Ableitung der Induktionsströme, der Kurzschlußströme bei Fehlschaltungen, der atmosphärischen Einflüsse bzw. Blitzströme und bei Fehlen anderer Einrichtungen zum Spannungsfreiheit.

In Anlagen und an Leitungen über einer gewissen Nennspannung, zumeist 30 kV, werden hochstromfeste, einpolige Erdungsgarnituren auch zum Kurzschließen des zu schützenden Systems herangezogen, während im Mittelspannungsbereich dreipolige Kurzschlußgarnituren mit Erdungsanschluß mit Vorzug Anwendung finden.

Die meisten Baumuster der Erdungsgarnituren, die auch zum Kurzschließen verwendet werden, erfüllen die Forderung des zuverlässigen Ableitens der Beeinflussungsströme bzw. bei Fehlerdungen auch der Erdschlußrestströme in induktiv geerdeten Netzen.

Unfälle im benachbarten Ausland haben ergeben, daß die beim Auftreten hoher Ableitströme im Kurzschlußfalle übliche Methode des Kurzschließens mit Erdungsstangen über gestrichene Konstruktionsteile nicht entspricht. Es zeigte sich, daß bei Erdungsgarnituren konventioneller Ausführung die Knebelschraubenspitze des Erdungsklobens die isolierende Farbschicht der geerdeten Eisenkonstruktion nur mit ungenügender Kontaktgabe durchdringt, so daß die Spitze unter Hochstromeinfluß verschmort und der Kloben durch dynamische Kräfte vom geerdeten Teil weggeschleudert und die Verbindung unterbrochen wird.

Während im Netz mit induktiver Erdung beim Prüfen auf Spannungsfreiheit mit der Erdungsstange bei evtl. spannungsführender Leitung nur ein relativ kleiner Erdschlußreststrom über das Erdungsseil abgeleitet wird, ist bei Anlagen mit starrer Sternpunktterdung ein Erdkurzschlußstrom zu gewärtigen, der durch thermische und dynamische Wirkung das Lösen der an gestrichene geerdete Metallteile angeschlossenen Erdseilverbinding bewirken kann. Im starr geerdeten Netz mit Kurzunterbrechung kann daher das mit dem Erder

oder der Erdungsleitung nicht mehr verbundene Erdungsseil die wiederkehrende Spannung auf die Arbeitsstelle übertragen.

Das Ansteigen der Kurzschlußleistung und die Verwendung der Erdungsgarnituren in starr geerdeten Netzen gab Anlaß, diese Garnituren zu verbessern, damit bei Hochstrombelastung in jedem Fall die Seilverbin-



Abb. 1. Anschlußbolzen und Kabelschuh mit unverlierbarer Mutter

dung zwischen den Klemmen der Erdungsgarnitur der thermisch und dynamisch schwächste Teil bleibt, da die zulässige Stromdichte des Kabelquerschnittes nicht geändert werden kann.

Eine Querschnittsvergrößerung der Verbindungskabel über einen optimalen Wert ist aus arbeitstech-



nischen Gründen nicht möglich, da das Gewicht des verstärkten Seiles das Anschließen der Kopfklemmen an exponierten Stellen zu sehr erschweren würde. Es wurde daher für die Untersuchungen der Querschnitt der Cu-Verbindungskabel mit 70 mm<sup>2</sup> an 110-, 220- bzw. 380-kV-Leitungen begrenzt.

## II. Untersuchungsumfang

Dauerbelastungsversuche mit verschiedenen Baumustern von Erdungsvorrichtungen mit Hochstrombeanspruchungen von 6 bis 12 kA ergaben, daß Federkopfklemmen aus Tombak mit 35 × 2,5 mm Querschnitt nur um einige Zehntelsekunden später als Cu-Kabeln vom 50-mm<sup>2</sup>-Querschnitt abschmelzen. Für die Kopfklemme wurde deshalb federhartes, vernickeltes Cu-Band mit einem Querschnitt von 40 × 2,5 mm verwendet und die Anschlußlasche für das Seil verstärkt.



Abb. 2. Silberlotverbindung an Kabelschuh mit unverlierbarer Mutter

Vorerst wurden Versuche mit leitfähigen korrosionsbeständigen Überzügen an Kontaktflächen für den Anschluß der Erdungskloben durchgeführt. Der Kontaktüberzug solcher Stellen sollte nach Entfernung des isolierenden Anstriches möglichst einfach anzubringen sein und mechanischen sowie atmosphärischen Beanspruchungen standhalten können.

Verzinnungsüberzüge mittels Lötlampen auf die Eisenteile aufgebracht, bewährten sich nicht, da bereits nach einigen Wochen Unterrostungen auftraten.

Hierauf wurden Zinkanstriche auf ihre Leitfähigkeit und Abriebfestigkeit geprüft. Diese Ergebnisse waren elektrisch zufriedenstellend, da sich der Widerstand der Zinkfarbschichten gegenüber dem metallischen Kontakt zwischen Anschlußzwinge und Eisenprüfschiene nur um den zehn- bis zwanzigfachen Wert erhöhte.

Die mechanische Beanspruchung der Kontaktüberzüge durch den Kloben war jedoch durch die plangedrehten oder spitzen Schraubenbolzen der Erdungskloben so stark, daß sich bald die Farbschichte ablöste.

Da die Untersuchung der Kontaktüberzüge zu keinem befriedigenden Ergebnis führte, wurde an Stelle des Klobens ein *Kabelschuh mit unverlierbarer Mutter* untersucht, der es gestattet, über einen praktisch korrosionsfreien Gewindebolzen M 14 aus einer Kupferlegierung mehrere Kabelschuhe übereinander anzuschließen (Abb. 1).

Zur Beherrschung der Kurzschlußströme, die über die Belastbarkeit des 70-mm<sup>2</sup>-Cu-Seiles hinausgehen, lassen sich mehrere Garnituren parallel anschließen und die Kurzschlußverbindung der einpoligen Garnituren über die Eisenkonstruktionen von Gerüsten und Masten herstellen. Voraussetzung für die Forderung einer einwandfreien hochstromfesten Kurzschlußverbindung an den geerdeten Konstruktionsteilen von Eisengerüsten ist der im Querschnitt ausreichende metallische Zu-

sammenschluß der Stoßstellen von Eisenprofilen durch Schweißung oder andere Maßnahmen.

Für Hochspannungsleitungen mit Eisengittermasten wurden geeignete genügend *elastische Anschlußzwingen* entwickelt, um im Kurzschlußfall durch das Verschweißen der Schraubenspitze mit dem geerdeten Eisenkon-



Abb. 3. Anbringen einer Erdungs- und Kurzschlußgarnitur mit Kopffederklemme an Abspannkette einer 220-kV-Leitung. Durch Gewicht der Stange und des Cu-Erdseiles mit 50–70 mm<sup>2</sup> Querschnitt gute Kontaktgabe der Klemme

struktionsteil ausreichende Haftreibung herbeizuführen, damit auch bei Strombelastungen bis 12 kA, wie sie bei den Versuchen erreicht wurden, die einwandfreie Ableitung des Fehlerstromes erfolgt.

Die mechanischen Gebrauchsbeanspruchungen und jene einer evtl. Hochstrombelastung der mit den Erdungsseilen zusammengeschlossenen Kabelschuhe wur-



Abb. 4. Kunststoffseil zum Einholen der Isolierstange der Erdungs- und Kurzschlußgarnitur mit in Stange senkrecht einzusetzender Haspel

den durch Silberlotverbindungen mit Schmelzpunkt 550 °C und Einbau von Zugentlastungen beherrscht (Abb. 2).

Der zweckentsprechende Anschluß an die Leiterseile in Nähe von Abspannisolatoren der Freileitungsmaste bei Verwendung von Federkopfklemmen erfolgt durch angenähert senkrechtes Einhängen der Isolierstange der Erdungsvorrichtung. Der Zug nach unten durch die



Schwerkraft der Stange und des Seiles verstärkt den Kontaktdruck am Leiterseil und ergibt einen durch dynamische Einwirkung und Schmelzerscheinungen unbefußbaren Hochstromübergang (Abb. 3 und 4).

### III. Versuchsergebnisse

Die Hochstrombelastung eines blanken oder mit 2 bis 3 mm starker Gummihülle ummantelten, im Kabelschuh und Erdungsanschlußteil hart eingelöteten hochflexiblen Verbindungsseiles mit 50 bzw. 70 mm<sup>2</sup> Querschnitt zeigte eine stark streuende Belastungsdauer, jedoch unter Berücksichtigung der Querschnittsdifferenz keinen wesentlichen Unterschied der Beanspruchungszeit bis zum Abschmelzen:

#### Gummiummanteltes Seil:

50 mm <sup>2</sup> Cu	4,1 bis	9,1 kA	etwa	5 sec
70 mm <sup>2</sup> Cu	6,6 bis	8,6 kA	etwa	7 sec

#### Blankes Seil:

50 mm <sup>2</sup> Cu	9,6 bis	11,3 kA	etwa	1,3 sec
70 mm <sup>2</sup> Cu	8,8 bis	9,1 kA	etwa	2,7 sec

Durch Wärmebindung und Verdampfen der Hülle schmolzen die gummiisolierten Kabel später als bei blanker Ausführung.

Bei sämtlichen Versuchen unterbrach das Seil den Stromkreis vor den anderen Konstruktionsteilen der Garnitur, wenn vom Abfallen der Kloben alter Ausführung abgesehen wird.

Die Einführung von Anschlußbolzen für die Erdungs- und Kurzschlußgarnituren in Hochspannungs-



Abb. 5. Ausgeschmolzenes Winkelstück mit Prüfling

anlagen führte zur Festlegung der Gewindedimension M 14, welche der Kabelquerschnitt von 70 mm<sup>2</sup> Kupfer erfordert.

Die Bolzen bestehen aus einer korrosionsfesten Kupferlegierung, weil ihr Anbringen an feste Erdungsleitungen und geerdete Stahlkonstruktionen zumeist im Freien erfolgt.

Bei etwa 12 kA Strombelastung elektrischer und thermischer Isolierung des Kabelschuhs von der Kontaktmutter am geerdeten Konstruktionsteil schmolz der Bolzen erst nach 10 sec Beanspruchungsdauer, so daß sich gegenüber der Abschmelzzeit des Anschlußkabels, selbst bei Ausfall einer Kontaktberührung zum Kabelschuh und Mutter eine etwa 4fache Sicherheit ergibt. Das einfache und parallele Anschließen bis zu drei Kabelschuhen wurde bei Belastung gut vertragen und es zeigten sich keine besonderen Erwärmungen.

Die Belastungsprüfung der Anschlußzwinge, die zur Erdung und Kurzschließung an gestrichenen Konstruktionsteilen, vornehmlich von Hochspannungsleitungen

mit Anschluß an den erwähnten Kabelschuh, verwendet wird, wurde in zwei Abschnitten durchgeführt.

Die Vorprüfung erfolgte unter verschärften Bedingungen mit Zusatzisolierung an der Backenseite des Klobens, wobei der Gesamtstrom von 9,3 bis 10 kA über die Spitze der Knebelschraube abgeleitet wurde.



Abb. 6. Mechanische Belastungsnachbildung am Erdungskloben bis 500 kg

Die nach der ersten Messung modifizierte Ausführungsform der Zwingen wurde beim definitiven Versuch an einem senkrecht stehenden, mit drei Ölfarbschichten überzogenen Eisenwinkel 100 × 100 × 10 mm mit 12 kg nach unten gerichtetem Zug angeschlossen.

Zufolge Verschmelzens der Bolzenspitze mit dem Eisenwinkel stieg der Strom von Null auf 9,4 kA innerhalb von 20 bis 80 msec. (1 bis 4 Perioden) an. Nach etwa 9 Sekunden brannte die isolierende Farbschicht



Abb. 7. Bis auf die Stahlseele durchgeschmolzenes Leiterseil Stalu 450 mm<sup>2</sup> mit Prüfling

am Anschlußwinkel im Bereich der Schraubenspitze durch und schuf einen Parallelstromdurchgang auf der Backenseite der Zwingen, dem ein Ansteigen des Stromes auf 10,7 kA folgte.

Nach 27,2 sec schmolz die mit der Zwingen verbundene Ecke des Eisenwinkels heraus und fiel mit dem Kloben zu Boden (Abb. 5).

Nach Isolierung der Klobenbacke von der Prüfschiene durch eine Glimmerplatte von etwa 0,2 mm Stärke, fiel die Zwingen wegen zu geringem Anzug



der Knebelschraube bei einer Stromstärke von ungefähr 9,8 kA nach 10,7 sec vom Eisenwinkel ab.

Intermittierende Belastungsproben bei Belastungszeiten von 1 bis 10 sec führten zu guten Ergebnissen. Die Temperatur an einer Zwingenbeuge überschritt in keinem Fall 500 °C.

Der Übergangswiderstand zwischen Kloben und Anschlußschiene wich bei Anzugsmoment der Knebelschraube von 0,5 mkp von dem bei 2,0 mkp bei etwa 200 bzw. 110 µOhm nicht wesentlich von den Werten der übrigen Messungen ab. Da nach etwa 50 sec Dauerbelastungszeit die Klemme weiter wirkte, wurde abgeschaltet, um die Anschlußbänder nicht zu gefährden.

Weitere Hochstromversuche mit Zugbelastungen des Klobens bis 300 kg verliefen positiv (Abb. 6).

Die im Zuge der Voruntersuchungen geänderte Letzt Ausführung der *Federkopfklemme* aus Kupferband 40 × 2,5 mm wurde an ein etwa 1 m langes Staluseil 450 mm<sup>2</sup> 1:3 lt. ÖNorm E 4009 angeschlossen und mit etwa 11,0 kA belastet.

Die Erwärmung der Kupferfeder war an der Kröpfung nach dem Umschlagen der Thermocolorfarben mit 400 °C, im Kontaktbereich mit etwa 670 °C anzunehmen.

Nach ungefähr 16,4 sec wurde der Flammpunkt (etwa 200 °C) und der Zündpunkt (etwa 250 °C) des Seilfettes überschritten, wonach das Fett mit ungefähr 30 cm hoher Flamme über die volle Seillänge brannte.

Nach einer Gesamtbelastungszeit von 28,3 sec wurde wegen Gefährdung der Anschlußbänder von Hand aus abgeschaltet (Abb. 7).

Schraubkopfklemmen wurden nicht geprüft, da sie vorwiegend in Schaltanlagen verwendet werden und Erfahrungen über die Hochstrombelastungsfähigkeit vorliegen.

#### IV. Zusammenfassung

Die ermittelten elektrischen und mechanischen Eigenschaften der Zinkanstriche (Kaltverzinkung) führten wohl nicht zur Verbesserung der Anschlußverfahren hochstromfester Garnituren, gaben u. a. aber Anregung, einzelne Zinkfarben mit günstiger Leitfähigkeit als Schutzanstrich von Erdseilen an Verbindungsstellen mit der Eisenkonstruktion von Leitungsmasten zu verwenden.

Die Berechnung des Gesamtwiderstandes einer Erdungsgarnitur unter Zugrundelegung der ermittelten Werte einer Erdungsgarnitur bestehend aus Erdungsanschlußklemme mit Kabelschuh, Kupferverbindungskabel 70 mm<sup>2</sup> (bzw. 50 mm<sup>2</sup>)<sup>1)</sup> und Federkopfklemme ergibt in kaltem Zustand bzw. bei Erwärmung auf etwa 500 °C:

Erdungs- und Kurzschlußgarnitur belastet mit etwa 10 kA bei 20 °C

$$R_{\text{ges}} = R_{\text{EK}} + R_{\text{KK}} = 200 + 1\,250 \cdot (1\,750)^{-1} + 100 = 1\,550 \mu\text{Ohm} \\ (2\,050 \mu\text{Ohm})$$

$$\text{Spannungsabfall: } u_a \approx 15,5 \text{ V } (20,5 \text{ V})^1)$$

wie vor bei 500 °C:

$$R_{\text{ges}} = 150 + 3\,750 \cdot (5\,250)^{-1} + 110 = 4\,010 \mu\text{Ohm} \\ (5\,510 \mu\text{Ohm})^1)$$

$$\text{Spannungsabfall: } u_a \approx 40 \text{ V } (55,1 \text{ V})^1).$$

Die genannten Werte weisen auf eine geringfügige Potentialhebung an der Erdungsanschlußstelle hin, die fast ausschließlich vom Widerstand des Verbindungskabels beeinflusst wird.

Die Prüfung der Hochstrombelastungsfähigkeit der Teile einer konstruktiv verbesserten Erdungs- und Kurzschlußgarnitur hat bestätigt, daß die geänderten Erdungsvorrichtungen den zu erwartenden Beanspruchungen auch in Kurzschlußfällen entsprechen werden.

Bei den Übergangswiderstandsmessungen an Eisenkonstruktionen von Hochspannungsleitungsmasten waren bei Stromdurchgang von 30 bis 100 A WS praktisch keine Übergangswiderstände an Stoßstellen der Eisenprofile erkennbar, es weisen somit die mit isolierenden Farbmitteln gestrichenen Masteisenkonstruktionsteile leitfähige Verbindungen zwischen den Konstruktionsteilen auf.

In den meisten Fällen genügt eine gewisse potentialgesteuerte Wirkung am Ausleger eines Leitungsmastes, um ausreichenden Berührungsspannungsschutz zu gewähren.

Bei Hochstrombelastung evtl. an Stoßstellen der Eisenkonstruktion zu erwartende Widerstandserhöhungen können deshalb toleriert werden.

<sup>1)</sup> Eingeklammerte Ergebnisse betreffen Cu-Anschlußkabel mit 50 mm<sup>2</sup> Querschnitt.

## Mitteilungen aus aller Welt

### Die Elektrizitätsversorgung der Deutschen Bundesrepublik im Jahre 1960

Mit 2 Textabbildungen

In der „Elektrizitätswirtschaft“ 60/1961, H. 14, S. 439 u. ff. vom 20. Juli wird der „Statistische Bericht des Referates Elektrizitätswirtschaft im Bundesministerium für Wirtschaft“ eingehend kommentiert. Erstmalig wurde das Saarland in die statistischen Angaben — auch der Vergleichszahlen für 1959 — einbezogen. Die traditionelle Unterteilung in Elektrizitätsversorgung der öffentlichen Kraftwerke, der Industrie und der Deutschen Bundesbahn, sowie das Anfügen einer Zusammenfassung für das ganze Bundesgebiet mit einem Ausblick für 1961 wurde beibehalten. Es kann hier nicht auf alle Ergebnisse des statistischen Berichtes eingegangen werden, es seien bloß nur jene Angaben herausgegriffen, die für den Energiewirtschaftler im benachbarten Österreich von besonderem Interesse sein dürften.

#### I. Allgemeine Wirtschafts- und Versorgungslage und ihre Tendenzen

Das Jahr 1960 brachte eine weitere Steigerung der Hochkonjunktur: Das reale Bruttosozialprodukt stieg vorwiegend durch Produktionszuwachs um 8%, die Industrieproduktion um 10,5%, das Produktionsergebnis je Beschäftigten stieg um 6,1%, die Beschäftigtenzahl jedoch nur um 1,7%.

Der Arbeitsmarkt zeigte deutliche „Überhitzungserscheinungen“. Die Erzeugerpreise für Investitionsgüter erhöhten sich um 4%, die der Verbrauchsgüter um 4,7%. Im Baugewerbe stiegen die Preise — eine dem österreichischen Energiewirtschaftler wohlbekannte Erscheinung — um 7,6%.

Die installierte Engpaßleistung (öffentliche Versorgung, Eigenanlagen der Industrie und der Deutschen Bundesbahn) betrug am 31. Dezember 1960 rd. 27,5 GW (d. i. um 2 GW mehr als im Vorjahr). Sie gliedert sich wie folgt:

	öffentl. Kraft- werke	Industrie- kraft- werke	Bahn- kraft- werke	Summe
Laufwerke . . . . .	1 690	315	62	2 067
Speicherwerke . . . . .	1 266	—	31	1 297
Wärme- kraftwerke . . . . .	14 247	9 660	229	24 136
	17 203	9 975	322	27 500

Im gesamten Bundesgebiet wurden 116,4 TWh erzeugt, das ist um 9,6% mehr als im Vorjahr. Eingeführt wurden 6 TWh, so daß die Gesamtaufbringung 122,4 TWh betrug. Sie wurde wie folgt beansprucht:

Eigenverbrauch der Kraftwerke und Pumpspeicher . . . . .	8,9 TWh
Industrieverbrauch . . . . .	74,7 TWh
Haushalt . . . . .	12,2 TWh
Handel und Gewerbe . . . . .	7,4 TWh
Verkehr . . . . .	3,8 TWh
übrige Verbraucher . . . . .	6,2 TWh
Ausfuhr . . . . .	1,8 TWh
Übertragungsverluste . . . . .	7,4 TWh
	122,4 TWh

Der Nettostromverbrauch betrug 104,3 TWh gegenüber 93,8 TWh im Jahre 1959, somit erstmals mehr als 100 TWh.

Bei der auf 53,6 Mio Einwohner angestiegenen Bevölkerung verbrauchte der Einwohner im Jahre 1960 2 084 kWh (im Vorjahr 1 904 kWh).

Für 1961 ist mit einer Erweiterung der installierten gesamten Engpaßleistung von wieder 2 GW und mit einer ähnlichen Zuwachsrate des Verbrauches zu rechnen. Der Haushalt zeigt sich nach wie vor an seiner Elektrifizierung interessiert. Er wird an der zu gewärtigenden Zuwachsrate auch weiterhin entscheidend beteiligt sein.

II. Der Anteil der öffentlichen Versorgung an der Gesamtversorgung

Die öffentliche Elektrizitätsversorgung wies 1960 folgende Energiebilanz auf:

Bruttoerzeugung der öffentl. Kraftwerke bzw. nach Abzug des eigenen Verbrauches . . . . .	70 391,— GWh
Abgabe an das öffentliche Netz . . . . .	65 957,6 GWh
Abgabe mit der Industrie-einspeisung . . . . .	80 018,1 GWh
Netto-Strom-austausch . . . . .	4 183,4 GWh
Pumpstromverbrauch . . . . .	1 369,7 GWh
Stromverbrauch einschließlich Verluste . . . . .	82 831,8 GWh
(Verluste und Nichterfaßtes . . . . .	7 406,8 GWh)

An der gesamten Engpaßleistung der Deutschen Bundesrepublik ist die öffentliche Versorgung mit 17,2 GW beteiligt. Das ist um 8,1% mehr als im Vorjahr. Neu installiert wurden rund 1,3 GW, abgebrochen oder stillgelegt 89 MW. (Die Neuinstallationen waren in den Steinkohlenkraftwerken mit 653 MW am umfangreichsten.) Bemerkenswert ist die Aufstellung des ersten 125-MW-Blocks im Ölkraftwerk

Schilling an der Unterelbe, der vier 100-MW-Turbosätze in den Steinkohlenkraftwerken der Energieversorgung Schwaben, der Preußischen Elektrizitäts-A.G. und der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen AG. und einer 100-MW- und zweier 150-MW-Einheiten in den Braunkohlenkraftwerken der Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk-AG. Installiert wurden Kesselanlagen mit einer Dampfleistung von 3 600 t/h. Die höchsten Kesseldrücke der neuen Anlagen liegen bei 210 atü, die höchsten Dampftemperaturen bei 545°. Anfang des Jahres wurden zwei ölgefeuerte 25-MW-Gasturbinen für die weitere Versorgung des neuen Stadtteiles Bremen-Vahr in Betrieb genommen. Die in Westberlin in Betrieb gesetzten zwei 25-MW-Gasturbinen dienen zur Deckung der Stromspitzen. Die Stadtwerke Oberhausen nahmen im Herbst eine kohlenstaubgefeuerte Heißluftturbine für 12,5 MW in Betrieb.

Die Industrie-einspeisung von rund 14,1 GWh (+ 8,7% gegenüber dem Vorjahr) erfolgte hauptsächlich vom Kohlenbergbau (87,2%), von Chemie- und Mineralölbetrieben (7,5%) und Anlagen der eischenschaftenden Industrie (1,9%).

III. Die herangezogenen Primärenergieträger

Die gesamte Erzeugung von 116,4 TWh stammte	
aus der Wärme- kraft . . . . .	103,4 TWh
und zwar Steinkohle . . . . .	72,4 TWh
Braunkohle . . . . .	31,0 TWh
aus der Wasser- kraft . . . . .	13,0 TWh
	116,4 TWh

Die kalorisch erzeugten 103,4 TWh (im Vorjahr 95,1 TWh) wurden gewonnen aus:

Steinkohle . . . . .	62,5 TWh
Braunkohle . . . . .	31,0 TWh
Gas (hauptsächlich Gichtgas) . . . . .	5,0 TWh
Heizöl und Dieselöl . . . . .	4,0 TWh
Sonstige . . . . .	0,9 TWh
	103,4 TWh

An den nachgewiesenen 70,39 TWh Bruttoerzeugung der öffentlichen Elektrizitätsversorgung sind beteiligt:

Laufwerke . . . . .	13%
Speicher . . . . .	3%
Braunkohle und Torf . . . . .	38%
(Steinkohle und andere Energiequellen) . . . . .	46%
	100%

Den in der Deutschen Bundesrepublik bestehenden Anordnungen zufolge sind die geplanten Neuerrichtungen von Kraftwerksanlagen zeitgerecht anzeigepflichtig. Angezeigt wurden im Berichtsjahr 20 Kessel mit einer Dampfleistung von zusammen 1 749 t/h. Hievon sind 4 Einheiten für zusammen 240 t/h für Ölfeuerung vorgesehen. Für die angezeigten Steinkohlenkessel ist zum Teil Ölzusatzfeuerung mit veränderlichem Anteil Kohle/Öl in Aussicht genommen.

Diese wenigen Hinweise zeigen, daß die Steinkohle ihre dominierende Stellung in der westdeutschen Elektrizitätswirtschaft beibehalten hat. 1960 dürften etwa 26 Mio t Steinkohle auf dem Elektrizitätsversorgungssektor verbraucht worden sein.

Der Anteil des Öles wird mit 3%, der des Gases (hauptsächlich Gichtgas) mit rund 5% geschätzt.

An der gesamten Engpaßleistung der öffentlichen Versorgung unter Einbeziehung der industriellen Übergabeleistung und des Anteiles des Saarlandes sind beteiligt:

Laufwasser . . . . .	8%
Speicher und Pumpspeicher . . . . .	6%
Braunkohle und Torf . . . . .	24%
Steinkohle u. a. . . . .	62%



Auf dem Sektor der öffentlichen Elektrizitätsversorgung wurden u. a. zwei Kessel mit zusammen 960 t/h für Erdgas und Heizöl, ein Kessel mit 400 t/h für Heizöl allein angezeigt. Es können keine verbindlichen Angaben über etwaige Ölzusatzfeuerungen bei den Steinkohlenskesseln gemacht werden, da die endgültige Auslegung der Feuerungen oft erst bei Auftragserteilung entschieden wird. Es soll ein neues Kraftwerk, Kesselleistung 220 t/h, in Verbindung mit einer Müllverbrennungsanlage betrieben werden. Angezeigt wurden 30 Dampfturbinen mit einer Gesamtleistung von 2 257 MW, hievon sollen in Steinkohlkraftwerken 696 MW, in Braunkohlkraftwerken 1 136 MW und in Erdgas- bzw. Ölkraftwerken 425 MW zur Aufstellung gelangen.

#### IV. Die Brennstoffversorgung der öffentlichen Kraftwerke, spezifischer Kohleverbrauch

Der Steinkohleverbrauch der gesamten Bundesrepublik wurde bereits mit 26 Mio t angegeben. Daran ist die öffentliche Versorgung mit rund 50% beteiligt. Rund 680 000 t Steinkohle wurden von Heizkraftwerken und Kondensationskraftwerken mit Wärmeabgabe an dritte für die in Form von Dampf- und Heißwasser für gewerbliche Zwecke und für Raumheizung gelieferte Fernwärme aufgewendet. Die hier nachgewiesenen 50% des Anteiles der öffentlichen Versorgung am Steinkohleverbrauch enthalten nicht die Einphasenstromerzeugung der öffentlichen Kraftwerke, die 350 000 t Steinkohle betrug.

Es wird der Braunkohleverbrauch der öffentlichen Versorgung allein mit 42,6 Mio t, das sind rund 2,4 Mio t mehr als im Vorjahr, angegeben.

Der spezifische Verbrauch je bruttoerzeugter kWh im Durchschnitt des Bundesgebietes wurde mit 1 590 g (gegenüber 1 633 g im Vorjahr) ermittelt. Die öffentliche Stromversorgung ist an der gesamten Braunkohleförderung mit 44% beteiligt. Der mittlere spezifische Steinkohleverbrauch der öffentlichen Elektrizitätsversorgung betrug 405 g/kWh. (Bei unterem Heizwert der Steinkohle von 7 000 kcal/kg ist der spezifische Wärmeverbrauch je bruttoerzeugter kWh rund 2 850 kcal und je abgegebener Netto-kWh 3 050 kcal.)

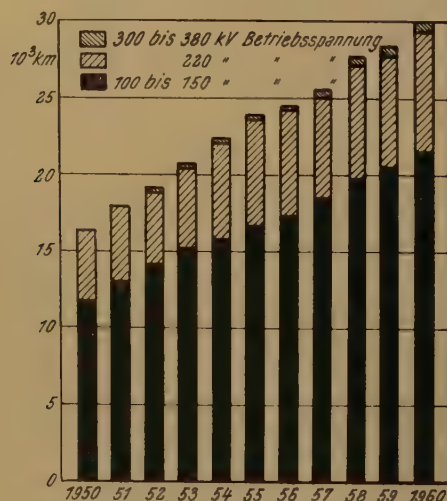


Abb. 1. Systemlängen der Hochspannungsleitungen im Bundesgebiet

Durch die Kontingentierung der zollfreien Einfuhr ausländischer Steinkohle ist der Anteil der Importkohle von 50% im Jahre 1957 auf 24% zurückgegangen.

Am Jahresende betrugen die Kohlebestände der öffentlichen Kraftwerke 3,3 Mio t, entsprechend dem Verbrauch von gegen 2 1/2 Wintermonaten<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Siehe ÖZE 15/1961, Heft 9, S 354.

#### V. Höchstlast, Benützungsdauer

Die am international festgelegten Stichtag — 3. Dezemberrmittwoch — aufgetretene Höchstlast wird nur für das öffentliche Versorgungsnetz nachgewiesen: Sie betrug 16,05 GW, an welcher Leistung die öffentlichen Kraftwerke mit 13,14 GW, die einspeisende Industrie mit 2,32 GW, der

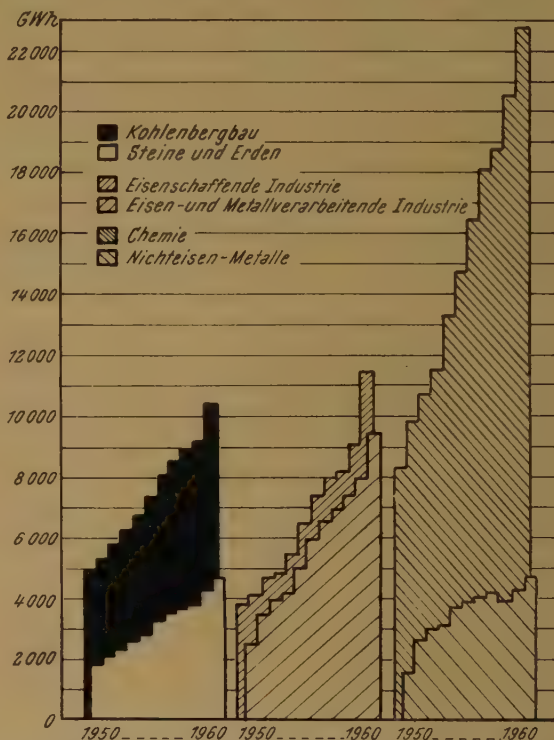


Abb. 2. Verbrauchsentwicklung einiger Industriegruppen 1950—1960 (einschl. Eigenverbrauch der industriellen Stromerzeugungsanlagen)

Stromimport mit 0,59 GW beteiligt waren. Die Ergänzung auf die verfügbare Leistung lag um 880 MW höher als im Vorjahr, welche Tatsache auf günstige Wettergegebenheiten zurückzuführen ist. Aus der gleichen Ursache stieg auch die Ausnutzungsdauer der Höchstbelastung von 4 837 Stunden im Vorjahr auf 5 160 Stunden.

Die öffentliche Elektrizitätsversorgung weist in ihren Braunkohle- und Torfwerken die Ausnutzungsdauer von 5 949 Stunden, in den Steinkohlkraftwerken von 3 571 Stunden, in den Laufkraftwerken von 5 705 Stunden nach. Die Leistung, die die öffentliche Versorgung aus den Eigenanlagen der Industrie in Anspruch nahm, erreichte im Dezember den Höchstwert von 2 383 MW (vertraglich gesichert war am Jahresende die Leistung von 3 150 MW).

#### VI. Die Erweiterung der Übertragungsanlagen

Wie Abbildung 1 zeigt, erweitert die öffentliche Elektrizitätsversorgung allmählich ihr Netz und verfügte zur Jahreswende über:

- 341 km für 380 kV Betriebsspannung,
- 182 km für 300 kV Betriebsspannung,
- 7 842 km für 220 kV Betriebsspannung,
- 21 503 km für 110—150 kV Betriebsspannung.

Darüber hinaus sind 9 km 220-kV-Hochspannungskabel und 377 km 110 kV-Kabel verlegt.

Die Hochspannungstransformatoren der öffentlichen Versorgung wiesen zum Jahresende folgende Leistungen auf:

- 2 Einheiten mit 380 kV Oberspannung 1 320 MVA
- 3 Einheiten mit 300 kV Oberspannung 1 142 MVA
- 147 Einheiten mit 220 kV Oberspannung 15 580 MVA
- 1 389 Einheiten mit 100—150 Oberspannung 39 467 MVA



Hoch  
belastbar ...

100 %

200 %

300 %

400 %

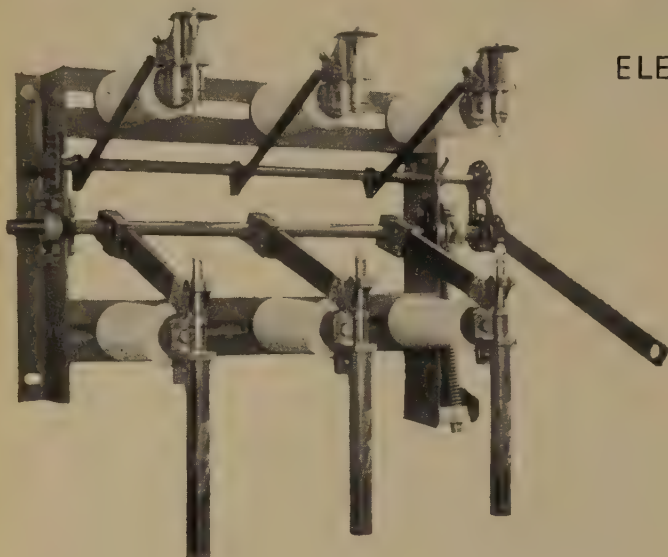


**UHER**  
Drehstromzähler



# LASTTRENNNSCHALTER

neuerlich verbessert:



ELEKTRO-STARKSTROM-APPARATEBAU  
KRAVARIC & CO.

- Nennspannung 10, 20 und 30 kV
- Nennstrom 400 A = Ausschaltstrom
- Einschaltvermögen 250 MVA
- raumsparender Aufbau
- wartungsfreier Betrieb

Wien XXIII Atzgersdorf, Breitenfurterstraße 274, Tel. (02 22) 86 92 27/28



# FREISSLER

WIEN X, ERLACHPLATZ 2-4

Aufzüge · Elektrozüge · Rolltreppen

## VII. Die Anteile der Konsumentengruppen am Gesamtverbrauch

Hauptverbraucher ist nach wie vor die Industrie mit 72% des Gesamtverbrauches bzw. mit 63% des öffentlichen Verbrauches.

Der sich aus den vorausgegangenen Angaben erreckende Nettoverbrauch aus dem öffentlichen Versorgungsnetz von 75,4 TWh teilt sich wie folgt auf die Konsumentengruppen auf:

Industrie . . . . .	47,3 TWh	63%
Haushalt . . . . .	12,2 TWh	16%
Handel und Gewerbe . . . . .	7,4 TWh	10%
öffentliche Einrichtungen . . . . .	4,2 TWh	5%
Verkehr . . . . .	2,3 TWh	3%
Landwirtschaft . . . . .	2,0 TWh	3%

Der Haushalt wies 1960 die höchste Wachstumsrate von 15,7% auf. Ihm folgten Industrie mit 13,5% und Landwirtschaft mit 7,9%. Verbraucht wurden je ha landwirtschaftlicher Nutzfläche 137 kWh (im Vorjahr 126 kWh).

## VIII. Strompreise, Erlöse, Beschäftigte, Löhne und Gehälter der öffentlichen Stromversorgung

Es konnten die Strompreise auch weiter stabil gehalten werden. Bei den Durchschnittserlösen im Stromverkauf an die Tarifabnehmer war sogar ein Rückgang von 2,5% festzustellen, der allerdings bei den Gesamtdurchschnittserlösen infolge einer schwachen Erhöhung des Tarifnehmeranteiles am gesamten Stromverbrauch nicht fühlbar wurde, so daß die aus dem Gesamtabatz erzielten Durchschnittserlöse mit 10 Pf/kWh gegenüber 1959 unverändert verblieben.

Die öffentliche Versorgung erzielte bei den Sonderabnehmern den spezifischen Erlös von 7,3 Pf/kWh, bei den Tarifabnehmern 16,1 Pf/kWh.

Das scharfe Anziehen der Brennstoffpreise wurde durch Modernisierung und Ausweitung des Verbrauches ausgeglichen.

An Löhnen und Gehältern wurden 974 Mio DM ausbezahlt (+ 12% gegenüber dem Vorjahr). Geleistet wurden 173 Mio Arbeitsstunden. Beschäftigt wurden 123 600 Arbeiter, Angestellte und Lehrlinge.

## IX. Die Elektrizitätsversorgung der Industrie

Ihre Engpaßleistung von 9 975 MW ist fast zur Gänze kalorisch. Die industriellen Eigenanlagen erzeugten 44,5 TWh, somit um 7,5% mehr als im Vorjahr.

Die Abbildung 2 zeigt die Verbrauchsentwicklung der chemischen und Nichteisenmetallindustrien rechts, der eisen-schaffenden Industrien und der Eisen- und Metalle verarbeitenden Industrien in der Mitte, des Kohlenbergbaues und der Steine- und Erdenindustrien links.

Der gesamte Stromverbrauch der Industrie aus den Eigenanlagen und dem öffentlichen Netz betrug 77,8 TWh und erhöhte sich gegenüber dem Vorjahr um 10,9%.

Der durchschnittliche Stromverbrauch je Beschäftigten der Industrie stieg auf 9 612 kWh, das sind 6,6% mehr als im Jahre 1959. Je Arbeiterstunde stieg der industrielle Stromverbrauch um 7,2%.

## X. Die Elektrizitätsversorgung der Deutschen Bundesbahn

Im Berichtsjahr wurden 261 km Bahnstrecke elektrifiziert. Vorerst betreibt die Deutsche Bundesbahn 12% ihres gesamten Netzes elektrisch. Strecken, die bisher mit 50 oder 25 Hz betrieben wurden, wurden auf 16 $\frac{2}{3}$  Hz umgestellt.

Der gesamte Fahrstrombedarf der Deutschen Bundesbahn betrug 1,9 TWh.

## Energiewirtschaftliche Kurzberichte

Die im Juli erschienene „Betriebsstatistik (Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie in Österreich) 1960, I. Teil — Gesamtergebnisse“ Wien, 1961, des Bundeslastverteilens vermittelt, wie alljährlich, zahlreiche Werte über die österreichische Elektrizitätswirtschaft.

Im Bereich der gesamten Elektrizitätsversorgung (Abschnitt A) wurden im Berichtsjahr 15 965 GWh erzeugt, um 7,9% mehr als im Jahre 1959. Hievon entfielen auf Wasserkraftwerke 11 882 GWh (Zunahme 8,3%), auf Wärmekraftwerke 4 083 GWh (Zunahme 7,0%). Die Einfuhr erreichte 641 GWh, die Ausfuhr 2 544 GWh, woraus sich ein Inlandverbrauch (einschließlich sämtlicher Verluste) von 14 062 GWh errechnet. Die Zunahme des Stromverbrauches gegenüber 1959 war mit 9,4% beträchtlich. Daß es sich hierbei um eine echte Verbrauchszunahme handelt, zeigt sich nach Abzug des Stromverbrauches des Aluminiumwerkes Ranshofen und des Stromverbrauches der Speicherpumpen. Der sich dann ergebende Verbrauchszuwachs von 9,3% entspricht einer Verdoppelung des Stromverbrauches in rd. 8 Jahren. Der gesamte Stromverbrauch pro Kopf der Bevölkerung wird für das Berichtsjahr mit 1 985 kWh angegeben.

Die Hauptträger der Stromerzeugung waren die Sondergesellschaften, die mit 7 813 GWh zu 48,9% an der Gesamtenergieerzeugung beteiligt waren. Es folgen die Landesgesellschaften mit 4 216 GWh (26,4%), die Industrie-Eigenanlagen mit 2 538 GWh (15,9%), die Städtischen Unternehmen mit 315 GWh (2,0%), die sonstigen Elektrizitätsversorgungsunternehmen mit 594 GWh (3,7%) und die Österreichischen Bundesbahnen mit 489 GWh (3,1%). Die gesamte Stromerzeugung pro Kopf der Bevölkerung belief sich auf 2 254 kWh.

Die Aufgliederung des Stromverbrauches nach Abnehmergruppen zeigt die dominierende Stellung der Industrie, die 7 103 GWh verbrauchte, d. s. 50,5% des gesamten österreichischen Stromkonsumes. Auf die Tarifabnehmer (Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft) entfielen 3 262 GWh oder 23,2%, auf den Verkehr 941 GWh (6,7%) und auf die öffentlichen Anlagen 308 GWh (2,2%). Der Anteil des gesamten Eigenverbrauches (Eigenverbrauch für Erzeugung, Verteilung und Verwaltung, Kraftwerksbaustellen und Pumpspeicherung) und der Übertragungsverluste wird mit 2 448 GWh oder 17,4% ausgewiesen. Wird letzterer Wert als „Stromregie“ aus dem Gesamtverbrauch ausgeschieden, ergibt sich folgender Anteil der einzelnen Verbrauchergruppen: Industrie 61,2%, Tarifabnehmer 28,1%, Verkehr 8,1% und öffentliche Anlagen 2,6%.

Am 31. 12. 1960 betrug die Summe der Engpaßleistungen (möglichen Höchstleistungen) aller österreichischen Kraftwerke 4 088 MW; hievon waren 3 297 MW in Kraftwerken der Elektrizitätsversorgungsunternehmen, 631 MW in den Kraftwerken der Industrie-Eigenanlagen und 160 MW in den Anlagen der Österreichischen Bundesbahnen installiert. Die Engpaßleistung aller Wasserkraftwerke betrug 2 947 MW, jene der Wärmekraftwerke 1 141 MW.

Parallel mit der starken Zunahme des Stromverbrauches nimmt auch die Ausdehnung des Höchstspannungsnetzes zu. Ende 1960 waren 1 108,5 km 220-kV-Leitungen und 2 556,3 km 110-kV-Leitungen (einschließlich Kabel) ausgebaut. Seit 1952 hat sich die Länge des 220-kV-Netzes verdoppelt; beim 110-kV-Netz war eine Zunahme von 25% zu verzeichnen.

Für die öffentliche Elektrizitätsversorgung (behandelt im



Abschnitt B wurden 10 489 GWh in Wasserkraftwerken und 2 695 GWh in Wärmekraftwerken erzeugt. Die Vergleichswerte des Vorjahres wurden damit um 8,7% bzw. 4,9% übertroffen. An der hydraulischen Erzeugung waren die Laufkraftwerke (ihre Erzeugungsmöglichkeit war im Berichtsjahr um 6% größer als der langjährige Mittelwert) mit 6 853 GWh, die Speicherkraftwerke mit 3 636 GWh beteiligt. Die Wärmekrafterzeugung erfolgte zu 47,0% aus Braunkohle, zu 42,6% aus Erdgas, zu 7,2% aus Heizöl und zu 2,6% aus Steinkohle. Die restlichen 0,6% wurden aus sonstigen Brennstoffen erzeugt.

Der Anteil der größten Elektrizitätsversorgungsunternehmen an der Gesamterzeugung nimmt langsam aber stetig zu: Im Jahre 1960 erzeugten 23 große EVU 97,1% der gesamten Stromerzeugung (1959: 97,0%, 1958: 96,8%).

Der Stromaustausch mit dem Ausland ergab bei einer Einfuhr von 605 GWh und einem Export von 2 471 GWh einen Exportsaldo von 1 866 GWh gegenüber 1 911 GWh im Jahre 1959.

Der Inlandverbrauch war mit 11 049 GWh um 9,1%, der Inlandverbrauch ohne Ranshofen und ohne Pumpspeicherung mit 9 112 GWh um 8,9% größer als im Vergleichsjahr 1959.

Einige Tabellen betreffend die Aufgliederung nach Abnehmergruppen seit 1951 zeigen u. a. die bemerkenswerte Tatsache, daß der Stromverbrauch der Haushalte von 558,3 GWh im Jahre 1951 auf 1 696,8 GWh im Berichtsjahr angestiegen ist, sich also mehr als verdreifacht hat. Auch das Gewerbe und die Landwirtschaft weisen ähnliche Zunahmen auf (451,0 GWh auf 1 232,5 GWh und 108,1 GWh auf 296,4 GWh). Der Stromverbrauch der Industrie hat sich im gleichen Zeitabschnitt von 2 380,0 GWh auf 5 043,3 GWh erhöht.

Eine Untersuchung über die Entwicklung des arbeitstäglichen Stromverbrauches zeigt, daß im Berichtsjahr der durchschnittliche Anteil des Samstag-Verbrauches am durchschnittlichen arbeitstäglichen Stromverbrauch 87,9%, jener der Sonn- und Feiertage 67,5% betrug. Die Vergleichswerte des Jahres 1956 hatten 92,0% und 68,2% betragen.

Wie aus einer Aufstellung über die Leistungsmaxima ersichtlich, war die von den Wasserkraftwerken gleichzeitig erreichte Höchstlast im Berichtsjahr 2 140,4 MW, jene der Wärmekraftwerke 770,1 MW. Der Höchstwert des Importes war mit 363,2 MW, jener des Exportes mit 826,5 MW zu verzeichnen. Die höchste inländische Belastungsspitze (ohne Pumpstromaufwand) trat am 21. 12. 1960 mit 1 730 MW auf (Ergebnisse von Mittwoch-Diagrammen).

Der Stromverbrauch der Industrie wird in einem eigenen Abschnitt C weitgehend detailliert. Die Industrie hat insgesamt 7 103 GWh verbraucht, um 569 GWh oder 8,7% mehr als im Jahre 1959. Der Bezug der Industrie von EVU hat von 4 686 GWh auf 5 043 GWh zugenommen und damit einen Zuwachs von 357 GWh oder 7,6% erreicht. Die Deckung des Gesamtverbrauches erfolgte zu 71,0% durch EVU, zu 29,0% aus der Eigenerzeugung der Industrie. Den Hauptanteil am Stromverbrauch der Industrie hatte die Metallindustrie mit 1 510 GWh, gefolgt von der Eisenerzeugung der Industrie mit 1 266 GWh, der chemischen Industrie mit 1 046 GWh, der Papierindustrie mit 853 GWh usw.

Der Abschnitt D vermittelt eine Übersicht über die Brennstoffversorgung der Wärmekraftwerke für die öffentliche Elektrizitätsversorgung. Ihr ist zu entnehmen, daß im Berichtsjahr für die öffentliche Elektrizitätserzeugung 43 578 t Steinkohle, 1 382 699 t Braunkohle, 54 036 t Heizöl, 455 432 314 Nm<sup>3</sup> Erdgas, 2 655 000 Nm<sup>3</sup> und 18 110 000 Nm<sup>3</sup> Gichtgas verbraucht wurden.

Der spezifische Nettowärmeverbrauch der Wärmekraftwerke ging von 3 494 kcal/kWh im Jahre 1959 auf 3 391 kcal/kWh, der spezifische Nettokohlenverbrauch von 0,58 kg-SKB/kWh auf 0,57 kg-SKB/kWh im Berichtsjahr zurück. Der

thermische Wirkungsgrad erreichte 25,4% gegenüber 24,6% im Vorjahr.

Die Benutzungsdauer der Höchstlast der Wärmekraftwerke wird mit 3 499 Stunden angegeben.

Ein namentliches Verzeichnis der erfaßten EVU, Industrie-Eigenanlagen und Kraftwerke der ÖBB sowie ein Sachverzeichnis beschließen diese ausführliche Publikation, für die, wie die von Jahr zu Jahr erforderliche höhere Auflagezahl zeigt, von in- und ausländischen Fachleuten und Dienststellen zunehmendes Interesse besteht.

E. KÖNIGSHOFER

**Dem Geschäftsbericht der „Österreichisch-Bayerische Kraftwerke AG“ (ÖBK)** über das Geschäftsjahr 1960 entnehmen wir, daß das Berichtsjahr ein Jahr mit ausgeglichener Wasserführung war und infolge dessen das Wasserdargebot in der Innstufe Simbach-Braunau zu 96,4% ausgenützt werden konnte. Mit seinen 96 MW konnte das Kraftwerk Simbach-Braunau im Jahr 1960 554,3 Mio kWh erzeugen. Diese Menge übersteigt mit 3,8% den 50jährigen Durchschnitt. Abgegeben wurde der Strom an 3 Aktionäre, die Österreichische Elektrizitätswirtschafts-Aktiengesellschaft mit 50%, die Bayernwerk AG und die Innwerk AG mit je 25%.

Über den Bau des 2. Kraftwerkes der ÖBK, der Stufe Schärding-Neuhaus, wird berichtet, daß die Bautätigkeit gute Fortschritte gezeitigt hat. Anfang 1960 wurde bereits die 1. Baugrube geflutet. Am Ende der Berichtszeit war die Turbinenvormontage beendet. Im Durchschnitt waren auf der Baustelle 1 200 Arbeitskräfte beschäftigt. Es wird erwartet, daß voraussichtlich Ende September 1961 die 1. Maschine in Betrieb gesetzt werden kann.

Zum Jahresabschluß ist zu sagen, daß sich das Anlagevermögen infolge der Bautätigkeit des Unternehmens um rd. 57 Mio DM erhöht hat. Der größte Teil des Zuganges bezieht sich auf die in Bau befindlichen Anlagen der Stufe Schärding-Neuhaus. Bei den Projekten ist ein Zugang von DM 246 000,— zu verzeichnen, der das Projekt der Innstufe Passau betrifft. In Summe hat das Anlagevermögen mit 219,7 Mio DM ausgewiesen. Das Umlaufvermögen ist 39,5 Mio DM hoch und enthält als Hauptposten die Forderungen aus Darlehen von über 28 Mio DM. Die flüssigen Mittel betragen 6,1 Mio DM; sie hängen mit Finanzierungsmaßnahmen für das in Bau befindliche Kraftwerk zusammen. Die Bilanzsumme beläuft sich nunmehr auf 263,1 Mio DM und ist um rd. 17 Mio DM höher als im Vorjahr.

Auf der Passivseite der Bilanz steht das Grundkapital unverändert mit 40 Mio DM; die gesetzliche Rücklage hat nunmehr eine Höhe von 560 000 DM. Die Wertberichtigungen zum Anlagevermögen erfuhren durch die Normalabschreibung im Berichtsjahr eine Erhöhung von 22,5 Mio DM. Die Verbindlichkeiten inklusive der Rückstellungen betragen 198,6 Mio DM. In diesem Betrag sind unverzinsliche Darlehen der Aktionäre mit 34 Mio DM enthalten, welche Voreinzahlungen auf die beabsichtigte Kapitalerhöhung darstellen. Das Geschäftsjahr schließt mit einem Reingewinn von 1,6 Mio DM, welcher zur Dividendenausschüttung vorgesehen ist.

Bemerkt soll noch werden, daß die Bilanz der ÖBK zufolge der Zweistaatlichkeit des Unternehmens auch in DM umgerechnete Schillingwerte enthält.

Ha.

**Die Elektrizitätswerk Wels AG** schließt das Geschäftsjahr 1960 mit einem Gewinn von 2,0 Mio S, der, nach Berücksichtigung der Dotierung der EFG-Rücklage in Höhe von 10,3 Mio S, der freien Rücklage entnommen ist. Aus dem Gewinn wird eine 4%ige Dividende ausgeschüttet.

Der ausweispflichtige Rohüberschuß hat sich gegenüber dem Vorjahr um 2,6 Mio S auf 29,0 Mio S erhöht. Löhne und Gehälter sind um rd. 7% auf 11,0 Mio S angestiegen,

wovon 1,2 Mio S aktiviert und weiterverrechnet wurden. Die Abschreibungen betragen 7,8 Mio S, die Zinsen, soweit sie die Ertragszinsen übersteigen 2,3 Mio S und die Steuern von Einkommen, Ertrag und Vermögen 0,5 Mio S. Sonderabschreibungen gemäß dem Bewertungsfreiheitsgesetz wurden 1960 keine vorgenommen.

Das Bilanzvolumen hat sich gegenüber dem Vorjahr um 14,9 Mio S auf 245,0 Mio S erweitert, wobei das Anlagevermögen eine Steigerung um 12,7 Mio S auf 223,2 Mio S erfuhr. In der Steigerung sind Zugänge von 16,9 Mio S, Abgänge von 3,2 Mio S und direkte Abschreibungen von 1,0 Mio S enthalten. Das Umlaufvermögen erfuhr eine Erhöhung um 5,4 Mio S, die im wesentlichen aus einem um 3,3 Mio S gestiegenen Bankguthabenstand resultiert.

Auf der Passivseite steht das Aktienkapital mit 50 Mio S voll eingezahlt zu Buch; die gesetzliche Rücklage ist mit 5,0 Mio S voll dotiert. Die übrigen Rücklagen sind mit 53,6 Mio S ausgewiesen. Die Wertberichtigungen haben sich um 5,4 Mio S auf 71,7 Mio S erhöht; die Verbindlichkeiten stehen mit 52,0 Mio S zu Buch.

Das Unternehmen gliedert sich in 5 Wirtschaftszweige, und zwar das Wasserkraftwerk in Traunleiten, das Fernheizkraftwerk in Wels-Lichtenegg, den Pachtbetrieb Gaswerk Wels, die Installationsabteilung Wels und das Verkaufsgeschäft Wels. Das Wasserdargebot der Traun war im Berichtsjahr so gut, daß mit rd. 50 Mio kWh die höchste Stromerzeugung seit Bestand des Kraftwerkes erreicht werden konnte. Zusammen mit der Erzeugung im Fernheizkraftwerk, die 12,9 Mio kWh betrug, gelang es, den Fremdstrombezug von 20,6 Mio kWh im Vorjahr auf 14,6 Mio kWh zu senken.

Beim Fernheizkraftwerk konnte, da dessen Betrieb sehr aufwendig ist und das Werk auch noch über freie Wärmekapazität verfügt, ein positives Ergebnis noch nicht erreicht werden. Ebenso brachte auch die Betriebsführung des von der Stadtgemeinde Wels gepachteten Gaswerkes noch keine Kostendeckung, doch hofft man, durch Erstellung einer Neuanlage, mit der im Jahre 1961 begonnen werden soll, eine gewinnbringende Basis zu finden.

Die günstige Konjunkturlage kam dem Installationsbetrieb und dem Geräteverkaufsgeschäft zugute, doch sind in beiden Fällen die Ertragsverhältnisse infolge scharfen Wettbewerbs nicht erheblich.

Sti.

**Die Burgenländische Elektrizitätswirtschafts-A. G. (BEWAG)** hat die 110-kV-Leitung Neudörf—St. Martin—Oberwart sowie die Umspannwerke St. Martin und Oberwart fertiggestellt. Die Versorgung des mittleren und südlichen Burgenlandes erfolgt ab 1. Oktober 1961 über das Schaltwerk Neudörf aus dem Verbundnetz.

**Die Bundesbahnstrecke St. Veit a. d. Glan—Knittelfeld wurde elektrifiziert** und am 29. September in elektrischen Betrieb genommen.

**Die Generaldirektion für die Post- und Telegraphenverwaltung** hat dem Ansuchen der Verbundgesellschaft um Ausgabe einer Markenserie aus Anlaß des 15jährigen Bestandes des Verbundkonzerns im Frühjahr 1962 stattgegeben. Der akademische Maler PILCH bereitet die folgenden Darstellungen vor: Kaprun, Großraming, St. Andrä, Ybbs-Persenbeug oder Aschach, Lünensee und ein Bild über eine Freileitung bzw. ein Umspannwerk.

**Die Technische Hochschule in Graz** begeht vom 24. bis 26. November 1961 das Fest ihres 150jährigen Bestehens. Aus diesem Anlaß ist eine Reihe von Festveranstaltungen vorgesehen, zu denen alle ehemaligen Hörer sowie Freunde der Technischen Hochschule in Graz eingeladen werden.

Baldige unverbindliche Voranmeldungen werden an das Rektorat der Technischen Hochschule in Graz, Rechbauerstraße 12, erbeten.

**Im VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 33,** erschien kürzlich das Heft 14 der Schriftenreihe über Kurzzeichen und Benennungen isolierter Starkstromleitungen und -kabel nach dem Stand vom 1. August 1961, bearbeitet von Obering. J. Saß. 20 S. DIN A 5, Kart. DM 2,—. Diese Zusammenstellung soll ein Hilfsmittel sein, das in kürzester Form auf die für die Leitungen oder Kabel geltenden VDE-Bestimmungen hinweist; sie kann und soll kein Ersatz für diese Bestimmungen sein.

Ferner erschien kürzlich die Neufassung der Vorschriften für Transformatoren, Wandler- und Schalteröle, VDE 0370/9.61 (DM 1,40). Sie ist durch die Änderung bisheriger und Einführung neuer Prüfverfahren sowie durch eine Erhöhung der Anforderungen an Neu- und Betriebsöle entsprechend dem derzeitigen Stande der Technik gekennzeichnet.

**Der Jahresbericht 1960/61 des irischen „Electricity Supply Board“, Dublin,** betrifft zwar nur ein kleines Land, ist aber interessant, weil 1. der Board schon 1925 gegründet wurde, also der Freistaat Irland schon weit früher die Stromversorgung verstaatlichte und zentralisierte als Großbritannien, Frankreich oder Österreich; 2. es sich um ein nur wenig industrialisiertes westeuropäisches Land handelt und 3. die Republik Irland als bisher einziges Land die Stromerzeugung aus Torf in großem Maßstab betreibt. Die Entwicklung der Stromaufbringung betrug in den letzten Jahren:

1954 . . . 1 296 GWh,  
1958 . . . 1 898 GWh, mittlerer Zuwachs 10,0 % im Jahr,  
1959 . . . 2 096 GWh, Zuwachs 10,4 %,  
1960 . . . 2 262 GWh, Zuwachs 7,9 %.

Der durchschnittliche Zuwachs seit 1954 betrug 9,7 % jährlich.

Die Aufbringung 1960 setzte sich wie folgt zusammen:

Wasserkraftwerke . . . . .	932 GWh (Vorjahr 747)
Torfkraftwerke . . . . .	755 GWh (Vorjahr 692)
Kohle- und Ölkraftwerke . . . . .	573 GWh (Vorjahr 655)
Bezug und Import . . . . .	2 GWh (Vorjahr 2)
Summe . . . . .	2 262 GWh (Vorjahr 2 096)

Rd. 100 GWh wurden aus heimischer Kohle erzeugt, 473 GWh, d. s. 21 % der Erzeugung aus importierten Brennstoffen (Kohle und Öl). Die Hydraulität betrug 1960 135 %. Die Höchstlast war mit 540 MW um 13,4 % höher als im Vorjahr (476 MW). Am Ende des Berichtsjahres (31. März 1961) betrug die installierte Leistung:

Wasserkraftwerke . . . . .	219 MW
torfbefeuerte Dampfkraftwerke . . . . .	205 MW
kohle- und ölbefeuerte Dampfkraftwerke . . . . .	300 MW
Summe . . . . .	724 MW

Wie daraus ersichtlich, wurden die hydraulischen und die Torfkraftwerke als Grundlastwerke betrieben, die Kohle- und Ölkraftwerke als Spitzenwerke. Im Berichtsjahr kam ein neues Torfkraftwerk mit 40 MW in Betrieb. In Bau stehen derzeit Werke und Erweiterungen für insgesamt 210 MW; weitere 176 MW Neubaukapazität sind in Vorbereitung. Sämtliche Neubauten sind Wärmekraftwerke, zum größten Teil für Torffeuerung vorgesehen. Ein wei-



terer Wasserkraftausbau ist nur mehr in geringem Maße möglich, da das vorhandene Regeljahrpotential von rd. 900 GWh bereits zu mehr als 75% ausgenützt ist. Bekannt ist das bereits 1925 von den deutschen SSW begonnene Shannonkraftwerk, das mit 85 MW und einem RAV von 310 GWh (Erzeugung 1960 432 GWh) das bei weitem größte irische Wasserkraftwerk ist.

Das erste Torfkraftwerk wurde 1948 gebaut, gefolgt von 8 anderen; derzeit werden 2 dieser Werke erweitert und 2 neue Torfkraftwerke gebaut. Auch unter den geplanten Neubauten befindet sich ein torfbefeuertes Werk. Trotz der wegen des starken Feuchtigkeitsgehaltes des Torfs (durchschnittlich 55%) höheren Brennstoffkosten liegen die gesamten Erzeugungskosten der Torfkraftwerke ungefähr auf der gleichen Höhe wie bei den mit importierten Brennstoffen arbeitenden Dampfkraftwerken.

Die größten irischen Kraftwerke sind allerdings kohle- bzw. ölbefeuert: Pigeon House mit 95 MW und Ringsend mit 90 MW. Zur Erweiterung dieser Werke sind in Bestellung bzw. Vorbereitung 3 Turbosätze zu je 60 MW, die die größten irischen Generatoreinheiten sein werden.

Das Hochspannungsnetz wurde im Berichtsjahr erweitert um 50 Meilen 110-kV-Freileitung, 33 Meilen 38-kV-Freileitung und 52 Meilen 10-kV-Kabel- und Freileitung; das Niederspannungsverteilnetz um 56 Meilen, 4 neue 38-kV-Trafostationen wurden in Betrieb genommen, 3 neue 110-kV-Stationen sind in Bau.

Besondere Aufmerksamkeit schenkt der irische Electricity Supply Board der landwirtschaftlichen Restelektrifizierung. Seit Beginn dieser Sonderaktion im Jahr 1948 wurden 255 000 Einzelgehöfte angeschlossen (11 600 im Berichtsjahr) und hierfür 43 000 Meilen Hausanschlußleitungen gespannt (im Berichtsjahr 2 300 Meilen).

Insgesamt stieg die Zahl der Konsumenten von 611 000 auf rd. 628 000 bei einer Gesamtbevölkerung der Republik von 2 850 000 Personen. Im Berichtsjahr entfielen auf die

Nutzbare Abgabe . . . . .	1 864 GWh
Verluste . . . . .	297 GWh = 13 %
Eigenbedarf . . . . .	101 GWh = 4,5 %
Summe . . . . .	2 262 GWh

Die Aufgliederung der Abgabe wird nicht wie üblich nach Abnehmerkategorien ausgewiesen (wegen der geringen Industrieabgabe und des hohen Anteils der Landwirtschaft würde das kein sinnvolles Bild ergeben), sondern nach Tarifgruppen wie folgt:

	GWh 1960	Vorjahr
Haushalttarif	769	703
Lichttarif	104	95
Heiz- und Kochtarif	187	179
Nachtspeicheröfen	116	102
Motorische Antriebe	640	566
Öffentl. Beleuchtung etc.	48	47
	1 864 GWh	1 692 GWh

Die nutzbare Abgabe hat also im Berichtsjahr um 10,1% zugenommen, weit mehr als die Erzeugung, sicherlich eine Folge des starken Netzausbaues. Prozentuell am stärksten nahm der Verbrauch der Nachtspeicheröfen und der motorischen Antriebe zu, am wenigsten der der Abnehmer mit Heiz- und Kochtarif. Der durchschnittliche Verkaufspreis war gleich wie im Vorjahr 2,1 Pence, d. s. 63 g/kWh.

Erwähnenswert ist noch, daß der Jahresbericht, so wie in den früheren Jahren, auch ein Kapitel über die Ergebnisse des Fischfangs in den Süßwassergewässern enthält, da dessen Förderung und Kontrolle laut Gesetz der irischen Elektrizitätsgesellschaft obliegt.

R. R.

Einen Katalog der Arbeitsschutzvorrichtungen für elektrische Anlagen brachte die Fa. GERD SCHILLINGS, Fabrik für Elektrizitätswerksbedarf in Landshut (Bayern) heraus, der den Interessenten auf Anforderung kostenlos zugestellt wird.

Mitteilungen des Bundeslastverteilers

Die österreichische Elektrizitätsversorgung im August 1961

I. Gesamte Elektrizitätsversorgung (EVU, Industrie-Eigenanlagen, ÖBB)

Im Monatsbericht war die mögliche Erzeugung der Laufkraftwerke der EVU um 2% kleiner als der langjährige Durchschnitt. Die gesamte Wasserkrafterzeugung war mit 1 195 GWh um 105 GWh kleiner, die Wärmekrafterzeugung hingegen mit 322 GWh um 137 GWh größer als im August des Vorjahres. In den kalorischen Kraftwerken wurden 147 GWh aus Braunkohle, 102 GWh aus Erdgas, 40 GWh aus Heizöl, 20 GWh aus Koks- und Gichtgas, 1 GWh aus Steinkohle und 12 GWh aus sonstigen Brennstoffen erzeugt.

Der Import erreichte 20 GWh und übertraf damit die Einfuhr vom August des Vorjahres um 9 GWh. 15 GWh wurden aus Deutschland, 14 GWh aus der Schweiz importiert. Nach Abzug der zum Betrieb der Speicherpumpen in den Kraftwerken der Voralberger Illwerke AG eingeführten Energiemengen ergibt sich eine Einfuhr von 15 GWh gegenüber 12 GWh im Vergleichsmonat des Vorjahres.

Die Ausfuhr von 361 GWh war um 14 GWh kleiner als im August 1961. Es wurden 318 GWh nach Deutschland, 35 GWh nach der CSSR, 5 GWh nach Italien und 3 GWh nach Jugoslawien geliefert. Wird der Einfluß der Pumpspeicherung ausgeschieden, verbleibt ein Export von 345 GWh gegenüber 368 GWh im August des Vorjahres.

Der Inlandverbrauch ist wie folgt angestiegen:

	Verbrauch		Zunahme gegenüber	
	Aug. 1960	Aug. 1961	Aug. 1960	
	GWh	GWh	GWh	%
Verbrauch mit Ranshofen mit Pumpspeicherung	1 130	1 185	55	4,9
Verbrauch mit Ranshofen ohne Pumpspeicherung	1 068	1 134	66	6,2
Verbrauch ohne Ranshofen mit Pumpspeicherung	1 029	1 084	55	5,3
Verbrauch ohne Ranshofen ohne Pumpspeicherung	967	1 033	66	6,8

Der gegenüber August 1960 aufgetretene Mehrverbrauch von 55 GWh und die Minderaufbringung der Österreichischen Bundesbahnen von 3 GWh wurden durch Mehraufbringungen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen von 54 GWh und der Industrie-Eigenanlagen von 4 GWh gedeckt. Das Kraftwerk der Hütte Linz war im August 1961 mit 2 GWh für die öffentliche Elektrizitätsversorgung eingesetzt, wogegen im Vergleichsmonat des Vorjahres keine Erzeugung erfolgte. Wird vorerwähnte Erzeugung ausgeschieden, zeigt sich, daß die Industrie-Eigenanlagen nur um 2 GWh mehr erzeugten als im August 1960.

Am 31. August war der Inhalt der Jahresspeicher einem Arbeitsvermögen von 847 GWh (83,3% der Gesamtkapazität) äquivalent. Zum gleichen Zeitpunkt des Vorjahres

# I. Gesamte Elektrizitätsversorgung in Österreich \*

Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU), Industrie-Eigenanlagen, Kraftwerke der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB)  
Angaben in GWh

Monat	Erzeugung								Import	Erzeugung und Import	Export	Inlandsverbr. einschl. sämtl. Verluste	
	EVU		Industrie- Eigenanlagen		ÖBB Wasser- kraft	Summe		Ins- gesamt				Ins- gesamt	ohne Pump- strom
	Wasser- kraft	Wärme- kraft	Wasser- kraft	Wärme- kraft		Wasser- kraft	Wärme- kraft						
1	2	3	4	5	6	7 = 2 + 4 + 6	8 = 3 + 5	9 = 7 + 8	10	11 = 9 + 10	12	13	13a
1960													
Juni .....	1078	77	100	94	54	1232	171	1403	31	1434	306	1128	1016
Juli .....	1076	90	103	103	55	1234	193	1427	48	1475	300	1175	1057
August ....	1139	85	106	100	55	1300	185	1485	20	1505	375	1130	1068
1961													
Juni .....	1162	123	106	103	56	1324	226	1550	34	1584	367	1217	1096
Juli .....	1072	161	99	113	55	1226	274	1500	44	1544	336	1208	1106
August ....	1045	208	96	114	54	1195	322	1517	29	1546	361	1185	1134

## II. Öffentliche Elektrizitätsversorgung in Österreich \*

Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) einschl. Industrie-Einspeisung  
Angaben in GWh

Monat	Erzeugung							Import	Erzeugung und Import	Export	Abgabe an ÖBB	Inlandsverbr. einschl. sämtl. Verluste		
	EVU		Industrie- Einspeisung		Summe							Ins- gesamt	Ins- gesamt	ohne Pump- strom
	Wasser- kraft	Wärme- kraft	Wasser- kraft	Wärme- kraft	Wasser- kraft	Wärme- kraft								
1	2	3	4	5	6 = 2 + 4	7 = 3 + 5	8 = 6 + 7	9	10 = 8 + 9	11	12	13	13a	
1960														
Juni .....	1078	77	18	1	1096	78	1174	31	1205	289	20	896	784	
Juli .....	1076	90	17	6	1093	96	1189	48	1237	283	23	931	813	
August ....	1139	85	20	-1	1159	86	1245	20	1265	362	22	881	819	
1961														
Juni .....	1162	123	23	1	1185	124	1309	34	1343	350	22	971	850	
Juli .....	1072	161	22	1	1094	162	1256	44	1300	320	25	955	853	
August ....	1045	208	23	2	1068	210	1278	29	1307	346	25	936	885	

\* Richtigstellungen für 1961 vorbehalten.

hatte der Arbeitswert 927 GWh, der Füllungsgrad 91,1% betragen.

Die Summenlinie der Belastungsabläufe im Bereich der Elektrizitätsversorgungsunternehmen und Industrie-Eigenanlagen ergab für den 3. Mittwoch des Berichtsmonats einen Höchstwert von 1808 MW (ohne Pumpstromaufwand).

## II. Öffentliche Elektrizitätsversorgung (EVU einschließlich Industrie-Einspeisung)

Für die öffentliche Elektrizitätsversorgung wurden aus Wasserkraft 1 068 GWh, aus Wärmekraft 210 GWh erzeugt. Die Vergleichswerte des Vorjahres betrugen 1 159 GWh bzw. 86 GWh.

Die Elektrizitätsversorgungsunternehmen führten 29 GWh ein und exportierten 346 GWh, gegenüber 20 GWh bzw. 362 GWh im Vergleichsmonat 1960. Wird der Import für den Betrieb der Speicherpumpen und der entsprechende Export ausgeschieden, verbleibt eine Einfuhr von 15 GWh gegenüber 12 GWh und eine Ausfuhr von 330 GWh gegenüber 355 GWh im August des Vorjahres.

An die Österreichischen Bundesbahnen wurden aus dem öffentlichen Netz über Umformer 25 GWh geliefert.

Die Brennstoffvorräte sind weiter angestiegen: Am 31. August waren 675 306 t Kohle (SKB) und 41 386 t Heizöl mit einem Arbeitsvermögen von insgesamt 1 323 GWh vorrätig. Die Vergleichswerte vom Vorjahr lauten: 576 985 t Kohle (SKB), 42 445 t Heizöl, Arbeitsvermögen 1 153 GWh.

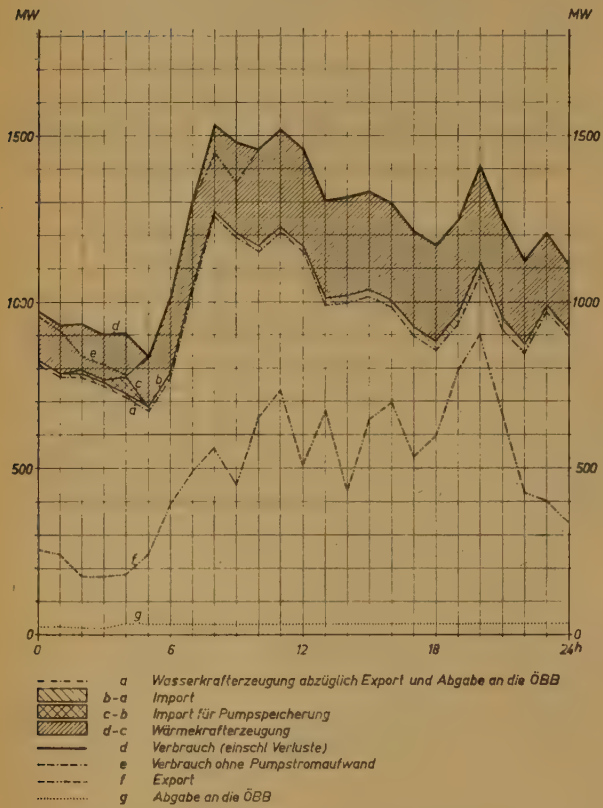
Die Verbrauchszunahmen im Bereich der öffentlichen Elektrizitätsversorgung waren beträchtlich:

	Verbrauch Aug. 1960 GWh	Zunahme gegenüber Aug. 1961 GWh	Aug. 1960 GWh	%
Verbrauch mit Ranshofen mit Pumpspeicherung	881	936	55	6,2
Verbrauch mit Ranshofen ohne Pumpspeicherung	819	885	66	8,1
Verbrauch ohne Ranshofen mit Pumpspeicherung	780	835	55	7,1
Verbrauch ohne Ranshofen ohne Pumpspeicherung	718	784	66	9,2



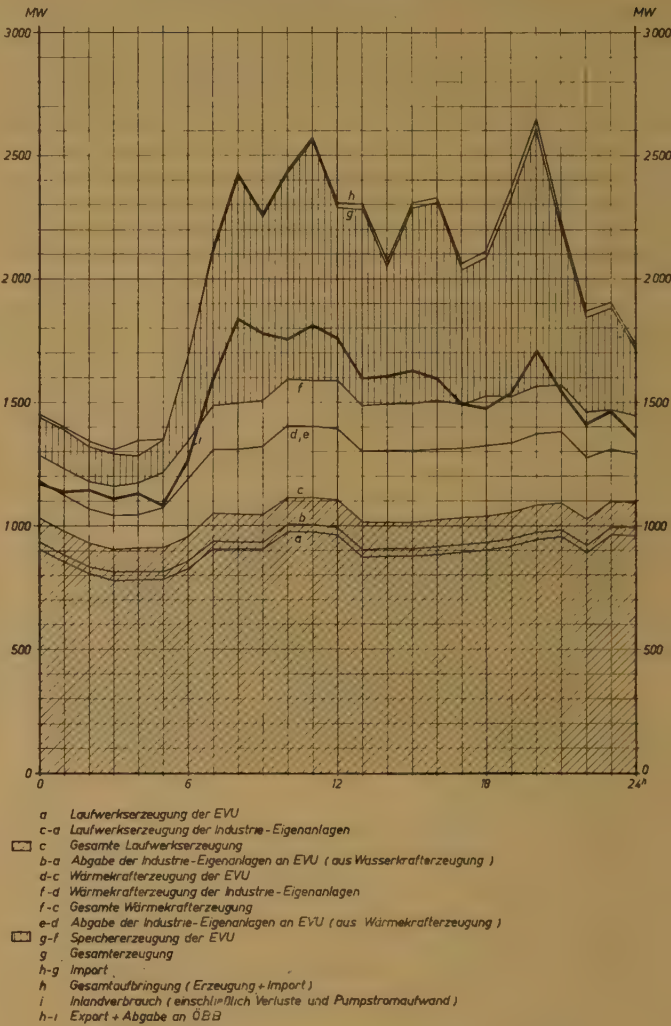
Am 3. Mittwoch des Berichtsmonates war ein Höchstwert des inländischen Belastungsablaufes von 1515 MW (ohne Pumpstromaufwand) zu verzeichnen. Das Maximum vom Vergleichstag des Vorjahres wurde damit um 1,7%, nach Abzug der Leistungsabnahme des Aluminiumwerkes Ranshofen um 2,1% übertroffen.

**Tagesdiagramm**  
der beanspruchten Leistung in Österreich  
Mittwoch, den 16. VIII. 1961  
Öffentliche Elektrizitätsversorgung



Stromerzeugung und -verbrauch am 16. VIII. 1961	
Wasserkrafterzeugung (abzüglich Export und Abgabe an die ÖBB)	23,18 GWh
Import	0,54 "
Wärmekrafterzeugung	5,77 "
Verbrauch (einschl. Verluste und Pumpstromaufwand)	29,49 GWh
Export	12,28 GWh
Abgabe an die ÖBB	0,81 "
Gesamterzeugung und Import	42,58 GWh

**Tagesdiagramm**  
der beanspruchten Leistung in Österreich  
Mittwoch, den 16. VIII. 1961  
Elektrizitätsversorgungsunternehmen und Industrie-Eigenanlagen



Stromerzeugung und -verbrauch am 16. VIII. 1961	
Laufwerkerzeugung der EVU	21,37 GWh
Laufwerkerzeugung der Industrie-Eigenanlagen	3,20 "
Wärmekrafterzeugung der EVU	5,73 "
Wärmekrafterzeugung der Industrie-Eigenanlagen	3,98 "
Speicherwerkerzeugung der EVU	14,17 "
Import	0,54 "
Gesamterzeugung und Import	48,99 GWh
Export und Abgabe an die ÖBB	13,09 GWh
Verbrauch (einschl. Verluste und Pumpstromaufwand)	35,90 GWh

Buchbesprechungen

**Handbuch für den Ortsnetzbau.** Von W. PETER. 2. Ausgabe. 1960. 334 Seiten DIN A 6. Über 300 Abbildungen und 100 ganzseitige Normtafeln. Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke m. b. H. VWEW, Frankfurt/Main: Kunstledereinband. DM 15,—.

Schon im Jahre 1954 erschien die erste Ausgabe dieses Werkes. Die beiden Auflagen dieser ersten Ausgabe sind

vollständig vergriffen, so daß der VWEW nunmehr eine zweite Ausgabe auflegen mußte. Dieses rege Interesse allein schon ist Beweis, daß dieses Werk ein wirkliches Bedürfnis für die Fachwelt bedeutet.

Wie in der Einführung zur ersten Ausgabe ausgeführt wurde, ist eine der Hauptaufgaben des Werkes, die Vereinheitlichung der Bauteile der Niederspannungsnetze. Nach



einer Darstellung der geschichtlichen Entwicklung im I. Abschnitt sind daher auch im II. Abschnitt die in Westdeutschland bisher in Verfolg dieser Absicht des Verfassers erschienenen Normblätter für Niederspannungs-Leitungsbau- teile wiedergegeben und erläutert. Es sei hier darauf verwiesen, daß auch in Österreich diese Normung im Gange ist. Wegen der stark abweichenden klimatischen Verhältnisse mußten aber einige Bauteile grundsätzlich anders als in Deutschland gestaltet werden. Auffällig ist, daß in der deutschen Normung eine Einheitsdurchgangstabelle ähnlich ÖNORM E 4300 scheinbar fehlt. Die richtige Wahl der Seilverlegungsspannung ist aber von fundamentaler Bedeutung für die mechanische Dimensionierung der Seile und Tragwerke. Es fällt auch auf, daß das im September 1959 neu erschienene DIN-Blatt 48 170, welches z. B. im Gegensatz zu früheren Ausgaben auch schmelzgeschweißte Rohre zuläßt, noch nicht in der Neuauflage 1960 des Werkes berücksichtigt wurde.

Im Abschnitt III sind die im Jahre 1943 bereits normreife ausgearbeiteten Ortsnetzbauteile abgebildet. Es wäre interessant, zu wissen, ob sich z. B. Ankerabspannsöckel nach Abb. 44 bewährt haben. Die Dachständerfüße gemäß Abb. 93 usw. haben sich bei uns trotz der hohen Eislasten als nicht erforderlich erwiesen.

Im Abschnitt IV wird die Planung und der Bau der Ortsnetze besprochen. Die elektrische Dimensionierung wird nur gestreift, da diese in anderen Veröffentlichungen ausführlich behandelt wird (z. B. VDEW — Techn. Richtlinien für Niederspannungs-Freileitungsnetze). Einen breiten Raum nimmt die „Dachständerführung“ ein. Während man sich in Deutschland scheinbar noch immer bemüht, die Dachständer „dicht“ zu halten, um Kondenswasserbildung zu vermeiden, geht man bei uns bewußt einen anderen Weg, nämlich den Luftdurchzug durch das Rohr zu ermöglichen. Hierdurch können Wasseransammlungen nicht auftreten und die Sorge um die Abdichtung entfällt. Auch die „Perlleitung“ konnte sich bei uns nicht allgemein durchsetzen.

An einer wertvollen Sammlung von Ausführungsbeispielen für Netz-Einzelheiten gibt Peter dem Projektanten reichliche Hilfsmittel an die Hand, und das ganze Buch läßt deutlich in dem Verfasser den souveränen Praktiker erkennen. Erfreulich ist der Versuch, die Wege aufzuzeigen, die gangbar sind, um eine „Verschandelung“ des Ortsbildes durch das Ortsnetz zu verhüten. Einige Bilder zeigen (Abb. 176–180) „Christbäume“ schlimmster Art.

Völlig neu ist der Abschnitt V über die Verwendung von ungesättigten Polyesterharzen zum Holz- und Eisenschutz, für Isolatoren bzw. deren Schutz und als Baustoff für Armaturen, wie z. B. Isolatorenstützen und Klöppel für Kappenisolatoren. Die Empfehlungen sind bestechend wegen der hohen mechanischen und elektrischen Festigkeitswerte und der behaupteten Erhöhung der Lebensdauer von Holzmasten bis zu 50 Jahren. Leider fehlen Kostenangaben und Mitteilungen über die bisherigen Erfahrungen.

Alles in allem stellt das kleine Buch eine besonders wertvolle Bereicherung der Fachliteratur dar. Wenn man bedenkt, daß gerade am Sektor des Ortsnetzbaues so gut wie gar keine Literatur vorhanden ist, muß das Werk Peters besonders begrüßt werden.

R. HELLER, Innsbruck

**Technische Wärmelehre.** Grundlagen und ausgewählte Anwendungen für Studium und Praxis. Von F. W. WINTER. Dritte verbesserte und erweiterte Auflage. (Reihe: Fachbücher für Ingenieure.) Essen: Verlag W. Girardet. 1960. Mit 259 Abb., 356 S. DM 25,60.

Dieses Buch wurde im Jahre 1954 zum ersten Male aufgelegt. Die zweite, verbesserte und erweiterte Auflage erschien 1959. Daß bereits ein Jahr später eine weitere Auflage herausgegeben werden mußte, zeigt, daß sich dieses Buch bereits großer Beliebtheit erfreut. Gegenüber der

zweiten Auflage hat sich die hier vorliegende, dritte verbesserte und erweiterte Auflage nicht wesentlich verändert. Der grundsätzliche Aufbau des Werkes wurde beibehalten. Neu hinzugefügt wurde der Abschnitt über die „Grundbegriffe der Wärmeübertragung“.

In zwölf Hauptkapiteln behandelt der Verfasser die Grundbegriffe der Thermodynamik, Wärmeerscheinungen bei festen Körpern und Flüssigkeiten, ideale und reale Gase, Gasmischungen, Dämpfe, Anwendungen bei Kolbenverdichtern und Verbrennungsmotoren, Kältemaschinen und Wärmepumpen, Brennstoffchemie, thermische Strömungsmaschinen, Grundbegriffe der Wärmeübertragung und vergleicht schließlich verschiedene Wärmekraftmaschinen miteinander.

Eine sachliche Behandlung des umfangreichen Stoffes und die übersichtliche Zusammenstellung der theoretischen Grundgleichungen sowie zahlreiche Abbildungen und Übungsbeispiele erleichtern sehr das Studium thermodynamischer Probleme. Das Buch eignet sich besonders als Lehrbehelf für technische Mittelschulen und praktisch schaffende Betriebsingenieure zwecks Erweiterung ihrer theoretischen Kenntnisse.

Da jedoch dieses Buch auch als Lehrbehelf für das Studium an der Technischen Hochschule empfohlen wird (was auch gerechtfertigt erscheint) muß auf einige prinzipielle Abbildungsfehler hingewiesen werden, die man bei der Überarbeitung einer weiteren Auflage zweckmäßig beseitigen sollte.

Die Isochoren und Isothermen im Naßdampfgebiet von  $i, s$ -Diagrammen sollen geradlinig und nicht gekrümmt verlaufen (vgl. die Bilder 170, 173, 182, 192, 215, 219 und die Skizzen auf den Seiten 230, 233, 241, 242, 243, 244, 246 und 249).

In den  $p, v$ -Diagrammen sind die Isothermen (gleichseitige Hyperbeln) und Adiabaten (Hyperbeln höherer Ordnung) meist so eingezeichnet, daß sie die Ordinate bzw. die Abszisse schneiden, würde man sie verlängern (vgl. die Bilder 48, 49, 79 a, b, c, 90, 92, 95, 96, 106, 173 und die Skizzen auf den Seiten 125 und 126). Der gleiche Fehler tritt bei vielen Kreisprozeßdarstellungen im  $p, v$ -Diagramm auf (vgl. Bilder 100, 100 a, 112, 116, 117, 119, 121, 125, 187, 190 a, 238, 241 und die Skizzen auf den Seiten 137, 170 und 174). Eine richtige Darstellung des Kreisprozesses vom Otto- und Dieselprozess geben die Bilder auf Seite 179 wieder.

Bei der Darstellung der Brennkraftprozesse in den Bildern 119, 120, 121 sollte  $T_4 \gg T_2$  und  $T_5 > T_2$  liegen (so z. B. auch in der Abbildung rechts auf Seite 167). Im  $T, s$ -Diagramm (bzw.  $i, s$ -Diagramm) für Wasserdampf vereinigen sich sämtliche Isochoren im Tripelpunkt (auf der unteren Grenzkurve bei  $s = 0$  und  $T = 0$ ), was im Bild 170 nicht der Fall ist. Die Krümmung der Isochore im Heißdampfgebiet (im  $T, s$ -Diagramm) ist hierin falsch eingezeichnet.

Die unteren Grenzkurven der  $i, s$ -Diagramme in den Bildern 170 bis 173 müßten bei  $s = 0$  durch  $i = 0$  verlaufen.

In den Darstellungen 180 bis 183 wurde die Speisepumpenarbeit vernachlässigt (was zulässig ist) und die Wärmezufuhr entlang der unteren Grenzkurve gedacht (was ebenfalls zulässig ist, da die Isobaren im Flüssigkeitsbereich sehr nahe an der unteren Grenzkurve verlaufen), dies sollte jedoch etwas mehr hervorgehoben, bzw. erwähnt werden.

Die Linien konstanter Feuchtigkeit (im Naßdampfgebiet von  $i, s$ -, bzw.  $T, s$ -Diagrammen) besitzen einen gemeinsamen Schnittpunkt, nämlich den kritischen Punkt, und verlaufen demnach nicht, wie in den Bildern 246 dargestellt parallel zueinander.

Da die Drucklinien im  $T, s$ -Diagramm eines Gases mit zunehmender Entropie divergieren (in Richtung der Temperatur), müßte im Bild 190 a die Strecke 2–1 größer als 3–4 dargestellt werden. Im Bild 219 ist die Krümmung von



$p_1$  falsch. Im Bildtext für Bild 228 soll es heißen an Stelle TL...ZTL. Im Bild auf Seite 244 verlaufen die  $p_1$ -Linien zu steil, und auf Seite 246 ist die Krümmung der  $t_1$ -Linie falsch.

Da dieses Buch als Nachschlagwerk (wegen der übersichtlichen Zusammenstellung des Stoffes) wärmstens empfohlen werden kann und ein sehr guter Lehrbehelf für interessierte Studenten bzw. Werksingenieure ist, wäre es, wie bereits oben erwähnt, empfehlenswert, die hier aufgezeigten Fehler, die keineswegs den Wert des Buches schmälern, zu beseitigen.

W. ROGNER, Wien

**Die Energiewirtschaft.** Struktur, Organisation und Tendenzen. 306 S. (Schriftenreihe der Forschungsstelle der Friedrich-Ebert-Stiftung: Band I.) Hannover: Verlag für Literatur und Zeitgeschehen. 1960. Halbleinen DM 22,80.

Das Buch bringt reichhaltige und dem Fachmann sicherlich wertvolle Angaben über den Steinkohlenbergbau in der Bundesrepublik (im Kapitel 1), über die Elektrizitätswirtschaft in der Bundesrepublik (im Kapitel 2, dem Angaben auch über Großbritannien, Frankreich und die USA angefügt sind), über die Gaswirtschaft in der Bundesrepublik (Kapitel 3 mit Angaben über Großbritannien und Frankreich), über die Mineralölwirtschaft im allgemeinen (im Kapitel 4 mit Angaben über den Weltmarkt für Erdöl, die Welt-Erdölförderung, die Welt-Erdölvorräte, den Weltmarktpreis, über die Mineralölwirtschaft in der Bundesrepublik und ihren Verflechtungen, über die Entwicklungstendenzen der Mineralölwirtschaft der Welt und der UdSSR, ferner mit Angaben über die Erdölvorkommen in Nordafrika, über den EWG-Vertrag und seine Auswirkungen auf die Bundesrepublik und die Mineralölwirtschaft in Frankreich und Italien), über den Braunkohlenbergbau in der Bundesrepublik (Kapitel 5), die Atomwirtschaft in der Bundesrepublik (Kapitel 6), die Erdgaswirtschaft (Kapitel 7, u. zw. in der Bundesrepublik und im Ausland), die Energiewirtschaft in Mitteldeutschland (Kapitel 8 mit einem Unterkapitel über die energiewirtschaftlichen Verflechtungen des Ostblocks). Eine Zusammenfassung und die Anlagen, Schaubilder und Tabellen schließen das Buch ab.

Diese Aufzählung läßt leicht erkennen, daß die Gliederung des Buches keinesfalls straff ist. Der Leser empfindet diesen Mangel nicht allzu stark, denn das Buch bringt vorwiegend voneinander unabhängiges Tatsachenmaterial. Es rechtfertigt somit nicht den allgemeinen Titel „Die Energiewirtschaft“. Von einem Buche mit diesem Titel wären Anleitungen zu erwarten, die den Leser in die Lage versetzen, ein Konzept der sinnvollsten Energiewirtschaftspolitik zu verfassen, wenn ihm nicht schon ein solches Konzept zur kritischen Betrachtung vorgelegt wird. Soweit Wünsche, Ratschläge, Verbesserungsvorschläge u. dgl. in sehr spärlichem Umfang im Buch aufscheinen, betreffen sie nur die Organisation der Förderung der behandelten Energieträger und der Verteilung.

Wüßte der Leser nicht, daß sich auch die Wasserkraft für die Energiegewinnung heranziehen läßt, bliebe ihm diese Tatsache auch weiterhin unbekannt. Daß es so etwas wie ein energiewirtschaftliches Programm geben muß, wird nur in der Einleitung angedeutet, nach der dieses Programm neben der Verlässlichkeit der Energieversorgung nur auf niedrige Strompreise auszurichten wäre.

Das Buch ist nur für jene Energiewirtschaftler von Wert, die sich über die Lage auf dem Kohlen-, Mineral- und Erdgasmarkt informieren wollen.

E. KÖNIGSHOFER, Wien

**Elektroschutz bei Arbeiten an und in der Nähe von Freileitungen.** Von Dr. Dipl.-Ing. H. KRAUS. DIN A5, 50 S. mit 6 Abb. und 2 Tabellen. Wien: Verlag des Österreichischen Gewerkschaftsbundes. 1960. S 18,—.

Der Verfasser, dem für die vorliegende Broschüre ein Anerkennungspreis der Stiftung für wissenschaftliche Arbeiten der Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien verliehen wurde, hat in peinlicher Sorgfalt versucht, vor allem dem Nichtfachkundigen, sei er Betriebsinhaber, Betriebsrat (das Betriebsrätegesetz berechtigt und verpflichtet den Betriebsrat, die Einhaltung der Arbeitsschutzbestimmungen im Betrieb zu überwachen) oder Dienstnehmer, die geltenden einschlägigen Vorschriften näherzubringen. Sind diese bekannt und werden gewissenhaft erfüllt, ist es sicherlich ohne besondere theoretische Kenntnisse und spezielles Fachwissen möglich, eine Senkung der Unfallzahl zu erzielen, wodurch die Unfallstatistik wesentlich beeinflusst werden könnte.

Nach einer Erklärung der wichtigsten, in den verschiedenen Bestimmungen über die Errichtung und den Betrieb von Freileitungen vorkommenden Begriffe, der Erläuterung der Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen, der Behandlung der Frage des Betriebes von Freileitungsanlagen im Spiegel der Allgemeinen Dienstnehmerschutzverordnung und der Bauarbeiterschutzverordnung wird der Schutz gegen zufällige Berührung und gegen zu hohe Berührungsspannung sowie das Herstellen des spannungslosen Zustandes, Erden und Kurzschließen von Freileitungen behandelt.

Nach dem Arbeiten unter Spannung an Freileitungsanlagen, dem Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Freileitungen und den Feuerlösarbeiten in der Nähe von Freileitungen werden auch die Pflichten der Dienstgeber und Dienstnehmer sowie das Mastaufstellen unter Spannung bei Verwendung der „OKA-Semperit“-Isolierrummdecken erwähnt.

Wenn der Rezensent der in der Deutschen Bundesrepublik erscheinenden Zeitschrift „Elektrizitätswirtschaft“ (Heft 2 vom 20. Januar 1961) zu dem Urteil gelangt, „das vorliegende Büchlein bietet dem deutschen Fachmann sicherlich manchen wertvollen Hinweis und sollte deshalb auch in EVU-Kreisen die gebührende Anerkennung und Verbreitung finden“, so ist dem seitens des Herausgeberlandes nichts hinzuzufügen.

F. KERKOSZEK, Wien

## Personalnachrichten

**Dr. Maximilian Ledinegg — o. Professor**

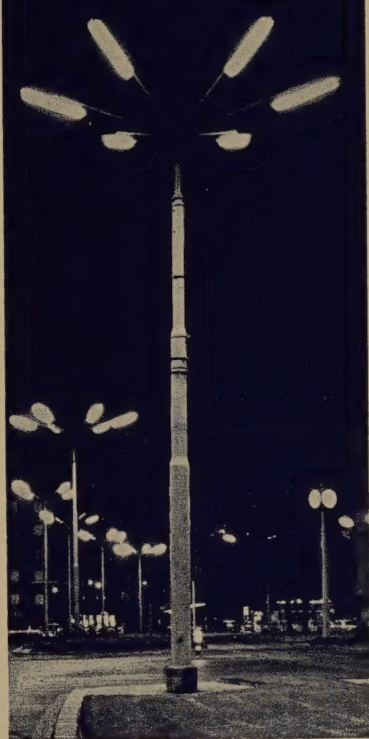
Der Herr Bundespräsident ernannte den Hochschuldozenten titl. a. o. Professor Dr. M. LEDINEGG zum ordentlichen Professor für theoretische Maschinenlehre an der T. H. Wien.

**Direktor Arnold Barwig — Übertritt in den Ruhestand**

Der kaufmännische Direktor der STEWEAG A. BARWIG ist infolge Erreichung der Altersgrenze in den dauernden Ruhestand getreten. Die Geschichte der STEWEAG ist mit der Persönlichkeit Barwigs eng verbunden. Dir. Barwig stieß im Jahre 1925 zur STEWEAG, als sie die Tochter-

gesellschaft OSTBURG gründete, wozu auch die WALGA, deren Gesellschafter er war, durch die Einbringung des von ihr errichteten Kraftwerkes Unterlungitz a. d. Lafnitz beitrug. 1938 mußte Barwig seine Tätigkeit einstellen, 1945 gelang es der STEWEAG, sich Barwigs Mitarbeit zu sichern und ihn als kaufmännischen Direktor zu verpflichten. Bei der Konstituierung der Landesgesellschaft im Jahre 1948 wurde er Mitglied des Vorstandes. Diese Funktion wurde 1955 und 1958 wiederbestätigt. Barwig vermied es stets, in das Rampenlicht der Öffentlichkeit zu treten, es ist aber allen Eingeweihten bekannt, daß er bei der Entwicklung der STEWEAG bis zu ihrer heutigen Größe entscheidenden Anteil hatte.





## PHILIPS LICHT ...überall

Die Tradition des Hauses PHILIPS begann vor sieben Jahrzehnten mit der Fertigung von Glühlampen. Seither hat die Entwicklung der PHILIPS-Lichttechnik einen faszinierenden Verlauf genommen. Ein ständig zunehmender Strom neuer, hochentwickelter Lampentypen verläßt die PHILIPS-Fabriken. Millionenfaches Licht weist heute den Weg zu PHILIPS. Denn PHILIPS-Licht strahlt auf den Boulevards der Weltstädte ebenso wie in der Abgeschiedenheit einsamer Bergdörfer. Wenn die Nacht beginnt, ist PHILIPS-Licht . . . überall.

**PHILIPS**

**LICHT**



# GRAND-HOTEL PANHANS

(SEMMEERING 1040 m)

Modernst ausgestattetes Haus mit neuen Appartements, Gesellschaftsräumen, Wintergarten, Liegeterrassen, Bar, Hotelkino, Garagen

Schwechater Bierstuben (bürgerl. Restaurant)

Panhans-Weindiele, täglich Stimmungs- und Tanzmusik

Temperiertes Alpenstrandbad (im Sommer)

Maurisches Sprudelschwimmbad (im Winter)

Panhans-Gäste-Reiten

Panhans-Tennisplatz, resp. Eislaufplatz

Sessellift auf den Sonnwendstein, Hirschenkogel und Stuhleck ganzjährig in Betrieb

Tagespension, Wochenarrangements, Sonderarrangements für Tagungen und Veranstaltungen

**GRAND-HOTEL PANHANS**, Semmering: 02664/366—369, 485 • Fernschreiber: 01/676



**OBERÖSTERREICHISCHE KRAFTWERKE  
AKTIENGESELLSCHAFT**  
LINZ/DONAU • BAHNHOFSTRASSE 6

**DAS STROMVERSORGUNGSUNTERNEHMEN  
DES LANDES OBERÖSTERREICH**